N° d'ordre : 285 ID **Année 2002**

THÈSE

présentée

DEVANT L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON et L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES DE SAINT-ETIENNE

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR

FORMATION DOCTORALE : SCIENCES ET TECHNIQUES DU DÉCHET

par

Frédérique CHAUDET – BRESSY

Apport du retour d'expérience à la maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement, dans les petits établissements industriels. Application à l'industrie du traitement thermique.

MEMBRES DU JURY :

Président	M.	Yves	DUTUIT	Professeur, Univ. de Bordeaux
Rapporteurs :				
	MM	Yves	DUTUIT	Professeur, Univ. de Bordeaux
		Elie	FADIER	Professeur, INRS, Vandœuvre
Examinateurs :				
	MM	André	LANNOY	Ingénieur, Docteur, EDF – CHATOU
		Jacques	RIOUT	Ingénieur, CETIM – Senlis
		Bruno	DEBRAY	Docteur, ENSM.SE
		Henry	LONDICHE	Docteur d'Etat, ENSM.SE

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie Didier Graillot, Directeur du centre SITE de l'ENSM-SE au sein duquel s'est déroulée cette recherche, de m'avoir accueillie dans son équipe et permis de bénéficier des meilleures conditions de travail.
Je remercie également Henry Londiche, responsable du laboratoire de Sécurité Industrielle et Directeur de cette thèse, de m'avoir accordé sa confiance et apporté son soutien. Je lui sais gré d'avoir veillé au bon déroulement de la thèse tout en m'accordant une nécessaire autonomie.
Toute ma reconnaissance va également à Bruno Debray, pour son soutien actif et son investissement dans les différentes étapes de la thèse. La pertinence de son jugement et ses qualités d'enseignant ont largement contribué à me faire progresser dans mon cheminement.
Je remercie l'ensemble des membres du jury de l'intérêt qu'ils portent à cette thèse et, en particulier, Messieurs les Professeurs Elie Fadier et Yves Dutuit d'en être les rapporteurs.

Ce travail n'aurait pu être réalisé sans la confiance que nous a accordée Jacques Riout, à l'origine d'un partenariat entre l'ENSM-SE et le CETIM. Je le remercie, en particulier, de la qualité des relations qu'il a spontanément et durablement établies avec nous. Ce partenariat nous a ouvert les portes du monde industriel, dans lequel nous avons été admirablement reçus par Olivier Lepetit, Thierry Duprey, François Baillet, Patrice Menuet et Bernard Jomain, responsables de la sécurité et/ou de la maintenance au sein de l'entreprise BODYCOTE HIT, par Albert Baoudour, Directeur des Usines de l'entreprise THERMI CENTRE, ainsi que l'ensemble du personnel, que nous avons été amenés à rencontrer, dans ces entreprises.

Au delà de l'application industrielle de cette thèse, j'ai beaucoup appris de toutes les rencontres que j'ai pu faire au cours de cette recherche. J'adresse un remerciement collectif à toutes ces personnes pour le temps qu'elles m'ont consacré. Je remercie, en particulier, André Lannoy de m'avoir accueillie au sein du groupe de travail « Retour d'expérience technique » de l'ISdF et de la confiance et de l'intérêt qu'il m'a témoignés. Je garde le meilleur souvenir des entretiens que m'ont accordés Jean-Philippe Pineau, Françoise Abiven, Pierre Périlhon, Roland Cantin, Patrick Lyonnet, Jean Lesaffre, Laurent Crouzet, Cheila Colardelle et Valérie Guinet.

Je remercie de façon toute particulière Natacha Gondran, dont j’ai partagé non seulement le bureau pendant la durée de nos thèses mais également une solide amitié. Je te dois énormément à la fois sur le plan de la réflexion, de la motivation et des convictions personnelles.

Je remercie les membres, permanents et temporaires, de l’ENSM-SE que j’ai eu le plaisir de côtoyer, de l’ambiance agréable et chaleureuse dans laquelle s’est déroulée cette thèse. Il serait trop long de citer tout le monde ; j’aurais alors une attention particulière pour Rémi, Manu, François, Marie, Joëlle, Gilberto, Emmanuel, Oxana et François qui avez également partagé notre bureau mais aussi Alicja, Laurence, Gilbert, Frédéric et Fernando avec lesquels nous avons très souvent échangé, ainsi que Xavier, Kader et tous les aïkidokas. Je remercie également Hélène Sayet de sa gentillesse et de ses prouesses en matière de recherche d’ouvrages à partir de très faibles indices.

Enfin, je remercie infiniment David et Emma de leur patience et leur soutien et mes parents de m’avoir toujours soutenue et encouragée dans mes entreprises.

RESUME

Les petits établissements industriels dont les caractéristiques s'apparentent à celles des petites et moyennes entreprises (PME) laissent apparaître un constat peu satisfaisant de la maîtrise des risques vis-à-vis du personnel et de l'environnement (humain, naturel et matériel) de l'entreprise. Ils semblent présenter un certain retard par rapport aux grands groupes industriels. Ces derniers ont, en effet, nettement amélioré leur niveau de maîtrise des risques au cours des dernières décennies. Le développement et la mise en œuvre de concepts, de méthodes et d'outils conçus pour une approche scientifique des risques, a contribué à une meilleure prise en compte de ceux-ci et aidé la décision en matière maîtrise des risques industriels. Le retour d'expérience a notamment participé à cette dynamique d'amélioration.

La problématique de cette thèse concerne l'application du retour d'expérience aux petits établissements industriels. Si le concept de retour d'expérience semble applicable, il apparaît que les dispositifs mis en œuvre par les grands groupes ne sont pas adaptés aux petits établissements. Un niveau intermédiaire entre le concept et les dispositifs existants est recherché afin d'utiliser les connaissances développées par les grands groupes au profit des petits établissements industriels autonomes en matière de maîtrise des risques.
Ce niveau est décrit comme un ensemble de caractéristiques qui permettent de définir un dispositif de retour d'expérience. Ces caractéristiques concernent les processus de collecte et d'analyse des données, le type d'expérience pris en compte et l'organisation par laquelle le retour d'expérience est mis en œuvre.

L'analyse de risques apparaissant parmi les besoins des petits établissements industriels, un outil d'analyse de risques a été défini et élaboré en contexte industriel. Cet outil associe les données provenant du retour d'expérience à une méthode d'analyse a priori.
A l'issue de cette expérimentation, il apparaît que la fonction première du dispositif de retour d'expérience dans les petits établissements industriels est de faciliter la mise en commun de l'expérience acquise par plusieurs établissements en vue d'une exploitation ultérieure grâce à un outil directement opérationnel.
Ce retour d'expérience constitue donc une aide à l'analyse de risques en proposant à l'utilisateur des données auxquelles il aurait difficilement accès.
De plus, en permettant de constituer une référence commune, il permet d'associer à des entreprises plus structurées, les PME peu adaptées au développement de l'outil.

ABSTRACT

It is admitted that small plants with the same features that Small and Medium-sized Enterprises (SME) often do not properly manage risks that may affect their staff and their human, natural and material environment. They seem to be late with regard to large companies whose risk management has been improving for the last decades. The development and implementation of concepts, methods and tools has contributed to a better awareness from industrials and improved decision-making in term of industrial risks. Accident/incident reporting has participated to this improvement dynamics.

The research question of this thesis is about the capacity to apply accident/incident reporting within small plants. The concept of accident/incident reporting appears to be relevant for them. However, reporting systems that have been developed and used by large firms are not adapted to small plants with SMEs' features. An intermediate level between concept and accident reporting systems will be studied in order to transfer the lessons learned by large firms to them.
This level is described as a set of characteristics which allows to define an accident/incident reporting system. These characteristics concern the processes of data reporting and analysis, the type of experience that is considered and the type of organisation which implements accident/incident reporting.

It appears that the first need of small plants is to be helped to assess their risks. Thus a risk assessment tool was designed and developed for a group of industrial firms. This tool integrates data from accident reporting to an a priori risk assessment method.
In this context, the conditions of implementation of accident reporting within small plants appear to be the necessity that several plants share the accident reporting system and that the accident reporting is integrated within an operational tool.
These accident reporting system helps risk assessment : it provides the user with many data that he may have difficulties to obtain. Accident reporting allows the creation of a reference which may benefit SMEs unsuited for the development of the tool.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION ... *10*

Chapitre liminaire : Problématique de la recherche ... *14*

1 La maîtrise des risques HSE dans les petits établissements industriels ... *17*

1.1 Définition des petits établissements industriels ... **18**

1.1.1 La dimension brute ... 18

1.1.2 Structure d'appartenance juridique ... 19

1.2 Un état des lieux peu reluisant ... **21**

1.2.1 Accidentabilité des petits établissements industriels ... 21

1.2.2 Les pratiques de prévention ... 23

1.2.3 Un besoin peu manifesté ... 25

1.3 Un contexte spécifique ... **27**

1.3.1 Considérations d'ordre économique ... 27

1.3.2 Structure de l'organisation ... 29

1.3.3 Mécanismes de prise de décision ... 31

1.3.4 Système d'information ... 33

1.4 Inadéquation des représentations des risques et de leur maîtrise par les entrepreneurs et les préventeurs ... **36**

1.4.1 Un contexte décisionnel « flou » ... 36

1.4.2 L'accident, producteur de dangerosité ... 37

1.4.3 L'inadéquation des représentations des entrepreneurs et des préventeurs ... 38

1.5 Voies d'amélioration ... **41**

1.5.1 Activités de régulation ... 41

1.5.2 Activités d'instrumentation ... 42

1.5.3 Activités de structuration ... 43

CONCLUSION ... *44*

2 APPORT DU RETOUR D'EXPERIENCE A LA MAITRISE DES RISQUES ... *46*

2.1 Retour d'expérience : définition générale ... **48**

2.1.1 La nature du retour d'expérience ... 48

2.1.2 L'expérience en question 52
2.1.3 La formalisation 52
2.1.4 Les finalités du retour d'expérience 53
2.1.5 Positionnement par rapport aux petits établissements industriels 54

2.2 Les besoins en retour d'expérience au sein de la maîtrise des risques 57
2.2.1 Des risques à la maîtrise des risques 57
2.2.2 Gestion des risques 60
2.2.3 Sécurité intrinsèque 67
2.2.4 Sécurité opérationnelle 69
2.2.5 Constatations issues de la description du processus de maîtrise des risques 71

2.3 Caractéristiques du retour d'expérience 77
2.3.1 Processus de collecte et d'analyse des données 77
2.3.2 Types d'expérience 81
2.3.3 Organisation du retour d'expérience 89

2.4 Proposition d'un retour d'expérience adapté aux petits établissements industriels 99
2.4.1 Caractéristiques et besoins des PME 99
2.4.2 Caractéristiques du dispositif de retour d'expérience proposé 101

CONCLUSION 104

3 Réalisation d'un outil d'analyse de risques intégrant le retour d'expérience : Application à la profession du traitement thermique 107

3.1 Les conditions de l'expérimentation 107
3.1.1 Intégration à une demande de développement d'une méthode d'analyse des risques 107
3.1.2 La profession des traiteurs à façon 108
3.1.3 Le traitement thermique 110

3.2 Le déroulement de l'étude ou la réalisation de l'outil 112
3.2.1 Le retour d'expérience initial 112
3.2.2 Elaboration de la démarche d'analyse des risques 122
3.2.3 Le retour d'expérience itératif 131

3.3 Les résultats de l'étude 138

3.3.1 Des résultats sous un double format 138
3.3.2 Le contenu des résultats de l'étude 140

CONCLUSION ***150***

4 Les enseignements de l'expérimentation ***152***

4.1 Validation des caractéristiques proposées **155**
4.1.1 Processus de collecte et d'analyse 155
4.1.2 Type d'expériences 158
4.1.3 Organisation et type d'acteurs impliqués dans ce processus 161
4.1.4 Conclusion 163

4.2 Une démarche généralisable dans un contexte donné **165**
4.2.1 Délimitation du champ de l'étude 166
4.2.2 Recueil de données 168
4.2.3 Génération du support de l'information 170
4.2.4 Structuration de l'information 175
4.2.5 Développement du contenu de la base de données 177
4.2.6 Validation du contenu de la base de données 178
4.2.7 Mise en place d'une organisation d'enrichissement de la base de données par retour d'expérience 179

4.3 Applicabilité de la démarche et du dispositif proposé en PME **183**

4.4 Utilité du retour d'expérience dans les petits établissements industriels **190**
4.4.1 Aide à l'analyse de risques 190
4.4.2 Emergence d'une nouvelle utilité potentielle du dispositif 191
4.4.3 Identification d'une limite de l'utilité du retour d'expérience dans les petits établissements industriels 195

CONCLUSION ***199***

CONCLUSION GENERALE ***203***

BIBLIOGRAPHIE ***209***

LISTE DES ABREVIATIONS ***217***

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX ***219***

LISTE DES ANNEXES ***221***

Annexe A : Compléments relatifs au dispositif de retour d'expérience mis en place au CNPE du Bugey ____ *222*

Annexe B : Extrait de l'enregistrement de la visite de l'établissement de St Dié de Bodycote Hit (durée approximative de l'extrait : 1h30 – 2h) ____ *223*

Annexe C : Tableau A d'un four à charge avec bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée ____ *230*

Annexe D : Typologie des matériels de traitement thermique ____ *238*

Annexe E: Liste des événements non souhaités du traitement thermique ____ *244*

Annexe F : Listes des flux de danger utilisés et de leurs impacts sur les cibles ____ *247*

Annexe G : Arbre des causes de l'explosion de gaz confiné d'un four à charge avec bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée ____ *250*

Annexe H : Mode d'emploi de l'outil informatique ____ *255*

INTRODUCTION

Il demeure parfois une image un peu vieillotte de la PME, héritée de la tradition artisanale antérieure à la révolution industrielle. En effet, dans le courant du XX^{e} siècle, les vagues de fusion et la tendance à la concentration font naître de puissants groupes industriels et financiers, générant un dualisme des formes d'organisation du travail. Cependant, ce siècle est également marqué par la tertiarisation de l'économie et, à partir des années 70, par une instabilité croissante. La PME apparaît alors comme une forme d'organisation particulièrement adaptée à ce contexte. La capacité de satisfaire une demande de plus en plus soucieuse de diversité devient la clé de la performance. Les PME passent facilement de la fabrication d'un modèle à un autre. Elles sont particulièrement bien adaptées à la production à l'unité, de technicité faible ou élevée. Non seulement les PME paraissent plus souples mais elles font aussi preuve d'une plus grande adaptation face à la crise [TORRES 99]. Ainsi, alors que l'on s'attendait au déclin de ce type d'entreprises, on observe aujourd'hui l'établissement d'un certain équilibre entre ces deux types d'organisation complémentaires.

Cette reconnaissance de la PME est sans doute à l'origine de l'intérêt pour les PME qui se ressent aujourd'hui au niveau de la recherche notamment sur des problématiques de gestion des entreprises. Dans le domaine de la maîtrise des risques industriels, le nombre de recherches est encore limité mais la prise en compte des PME est toutefois manifeste. Outre leur écrasante majorité numérique, les PME semblent en effet accuser un certain retard en matière de sécurité par rapport aux grandes entreprises. Or, Ph. Essig [ESSIG 02] dans son rapport au Premier Ministre relatif au débat national sur les risques industriels faisant suite à l'accident survenu sur le site de l'usine AZF à Toulouse le 21 septembre 2001, fait ressortir le durcissement de l'opinion publique vis-à-vis des risques subis et souligne qu'il ne faut pas « limiter la réflexion aux sites classés Seveso, [… mais qu'il faut] prendre en considération les milliers d'installations classées qui parsèment notre pays et qui présentent toutes des risques même si c'est à des degrés différents ». Il englobe ainsi les PME dans la prise en compte des accidents pouvant avoir un impact sur l'environnement des entreprises (les populations, le milieu naturel, les entreprises avoisinantes et les biens). Rappelons qu'indépendamment de sa situation au titre des installations classées pour la protection de

l'environnement, toute entreprise doit également, selon la loi[1], considérer les risques encourus par le personnel.

Cependant, lors d'une thèse[2] relative aux PME et à l'environnement, H. Dou décrit les PME comme pressurées par les charges, la réglementation et les paperasseries administratives, auxquelles s'ajoutent les « 35 heures »… Si en plus, on leur demande d'être présentes au niveau de l'environnement (mais c'est également vrai pour la sécurité), il faut que ça leur rapporte, que l'on puisse leur montrer que c'est bon pour leur développement. Or, les PME sont toujours prises par des tâches de bas niveau et il est difficile d'initier la mouvance.

Fort heureusement, le récent colloque européen de sûreté de fonctionnement λμ 13 – ESREL 2002 montre l'intérêt grandissant et les efforts que déploie la communauté scientifique pour associer les PME dans la prise en compte des risques en organisant, notamment, des sessions qui leur sont spécialement destinées. La faible participation des dirigeants de PME témoigne cependant du fait que la sécurité n'est pas encore entrée dans leurs préoccupations. Les PME ne sont pas spontanément demandeuses de services ou d'informations en matière de sécurité. Celles qui s'y intéressent le font le plus souvent sous la pression d'un donneur d'ordre. Quelques unes se laissent convaincre de l'intérêt de la maîtrise des risques, lorsque l'intervenant extérieur parvient à leur faire franchir une première barrière psychologique. Ainsi, pénétrer dans la PME demeure pour l'intervenant extérieur un problème essentiel, et les quelques interlocuteurs qu'il peut rencontrer (quelquefois réduit au seul chef d'entreprise), sont déjà très occupés par des activités de plus courte échéance, ce qui les rend particulièrement peu disponibles.

Or, les difficultés rencontrées en PME se retrouvent également dans certains établissements de petite taille qui appartiennent à des entreprises non définies comme des PME. C'est notamment le cas des petits établissements industriels qui possèdent les mêmes caractéristiques que les PME, exception faite de l'indépendance juridique.
Par conséquent, notre terrain d'étude se compose de petits établissements industriels présentant une certaine autonomie et des lacune en matière de maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement, quel que soit leur statut juridique.

---

[1] Article L 230-2 du code du travail.

[2] Thèse de Natacha Gondran, Novembre 2001, Ecole des Mines de St Etienne.

Nous nous intéressons aux outils, susceptibles d'être mis en œuvre par les entreprises qui ont franchi le pas, mais aussi qui pourraient permettre aux autres entreprises de le franchir plus facilement.
Compte tenu du nombre important de modèles, de méthodes et d'outils généralement construits et utilisés par les grands groupes, une solution consiste à s'en inspirer et à les adapter au contexte des petits établissements industriels de notre terrain d'étude. Une première thèse [GARDES 01] concernant l'adaptation aux PME d'une méthode d'analyse de risques a priori a été réalisée au sein de notre laboratoire. En corollaire, nous recherchons dans la présente thèse ce que le retour d'expérience, en tant que démarche d'analyse a posteriori utilisée en maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, sécurité et environnement, peut apporter aux petits établissements industriels.

Notre méthodologie repose sur l'expérimentation en milieu industriel, selon le principe de la recherche-action. Selon le modèle des grands systèmes, le retour d'expérience se réalise par l'intermédiaire d'un dispositif, d'une organisation. Notre objectif est alors d'élaborer une sorte de cahier des charges théorique d'un dispositif de retour d'expérience destiné aux petits établissements industriels à partir des caractéristiques de ceux-ci et de celles du retour d'expérience relatif à la maîtrise des risques. Dans un second temps, nous souhaitons réaliser ce dispositif en entreprise afin de tirer les enseignements d'une expérimentation réaliste quant à sa faisabilité, aux caractéristiques qui se sont imposées dans la situation réelle et à l'apport du dispositif effectivement conçu pour la maîtrise des risques.

Notre contribution consiste alors en :

- l'élaboration d'un cahier des charges concernant un dispositif de retour d'expérience relatif à la maîtrise des risques liés à l'hygiène, sécurité et environnement adapté au contexte des petits établissements industriels,
- l'association de ce dispositif avec un module d'analyse de risques au sein d'un outil ad hoc.

Ainsi, nous consacrons le premier chapitre à la maîtrise des risques dans les petits établissements, notamment en étudiant la bibliographie relative aux PME, dont les conditions locales s'apparentent aux petits établissements de notre terrain d'étude. Nous cherchons alors à établir un état des lieux de la maîtrise des risques dans ce type d'établissements afin de mieux définir le contexte auquel nous cherchons à adapter le retour d'expérience.

Le retour d'expérience fait l'objet du deuxième chapitre dans lequel nous abordons les besoins de la maîtrise des risques en termes de retour d'expérience avant de considérer les principales caractéristiques de ce dernier.
A partir d'une conception idéale de la maîtrise des risques, nous considérons que les lacunes des PME se situent notamment au niveau de l'analyse de risques. Nous déterminons alors, à partir des spécificités des PME, le contenu des caractéristiques d'un dispositif de retour d'expérience répondant à un objectif d'analyse de risques.

Le troisième chapitre décrit alors la réalisation de l'étude au cours de laquelle nous avons réalisé ce dispositif ; celui-ci s'est traduit essentiellement par un outil associant à une méthode d'analyse de risques a priori, un retour d'expérience mutualisé au niveau de l'industrie du traitement thermique.

Nous tirons enfin dans le quatrième chapitre les enseignements de cette expérimentation. Nous nous intéressons, dans un premier temps, aux aspects théorique et pratique de ces enseignements avant de nous pencher sur leur contribution à notre problématique.
Concernant l'aspect théorique, l'expérimentation contribue à vérifier les caractéristiques définies de façon théoriques dans le deuxième chapitre. Sur le plan pratique, la démarche utilisée lors de l'expérimentation peut être généralisée dans une certaine limite, que nous cherchons à définir. Nous discuterons, en dernier lieu, de l'utilité du retour d'expérience pour la maîtrise des risques en PME au vu de notre expérimentation.

Chapitre liminaire : Problématique de la recherche

Avant d'aborder la présentation proprement dite de nos recherches, nous précisons dans ces quelques pages, la problématique de cette thèse rapidement évoquée en introduction.

1. L'évaluation des risques : une obligation légale

Le contexte législatif impose, d'une manière de plus en plus prégnante, aux entreprises de procéder en leur sein à une évaluation a priori des risques professionnels.

L'article L 230-2 du Code du Travail s'applique ainsi à toute entreprise quelles que soient sa taille et son activité. Cet article est issu de la loi n° 91-1414 du 31/12/91 « en vue de favoriser la prévention des risques professionnels », qui correspond elle-même à la transposition en droit français de la directive-cadre 89/391/CEE du 12/06/89 relative à la santé au travail.

D'après ce texte, le chef d'établissement doit prendre « les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs de l'établissement ». Il doit également, compte tenu de la nature des activités de l'établissement, « évaluer les risques pour la sécurité et la santé des travailleurs, y compris dans le choix des procédés de fabrication, des équipements de travail, des substances ou préparations chimiques, dans l'aménagement ou le réaménagement des lieux de travail ou des installations et dans la définition des postes de travail ; à la suite de cette évaluation et en tant que de besoin, les actions de prévention ainsi que les méthodes le travail et de production mises en œuvre par l'employeur doivent garantir un meilleur niveau de protection de la sécurité et de la santé des travailleurs et être intégrées dans l'ensemble des activités de l'établissement et à tous les niveaux de l'encadrements. »

Le décret n°2001-1016 du 05/11/01 impose de présenter cette évaluation dans un document unique. Il souligne le caractère d'actualité de l'obligation d'évaluer les risques puisqu'à partir du 07/11/02, les entreprises que ne satisferont pas à cette exigences pourront être passibles d'une sanction. Ce décret introduit également le caractère récurent de l'évaluation, qui doit être reconduite chaque année.

En fonction de leurs activités ou des produits mis en œuvre, les établissements peuvent être concernés par la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).
Une étude de danger est requise dans les dossiers de demande d'autorisation. Toutefois, même dans le cas de simple soumission à déclaration, l'exploitant se doit de localiser les risques et leur étude est nécessaire pour mettre en œuvre les prescriptions prévues par les arrêtés.

2. Les pré-requis de l'analyse de risques

« Le risque représente la quantification du danger d'un système. [… Il s'agit d'un] concept quantitatif à deux dimensions (trois pour certains auteurs) :

- la probabilité d'occurrence (a priori) ou la fréquence (a posteriori) de l'Evénement Non Souhaité,
- la gravité de cet Evénement Non Souhaité,
- et leurs niveaux d'acceptabilité pour un individu, une population ou un écosystème. »

[MADS 00]

Le terme évaluation des risques utilisé dans la législation est remplacé dans la littérature par celui d'analyse de risques, moins ambigu. Une analyse de risques comporte, en effet, les étapes suivantes :

- identification des dangers que présentent l'établissement vis-à-vis de l'homme (au travail ou dans l'environnement de l'établissement), du milieu naturel ou des matériels,
- évaluation des risques associés à ces dangers en termes de gravité et de probabilité (ou de fréquence),
- proposition de mesures de prévention et de protection,
- vérification de l'efficacité des mesures mises en place.

Les dangers sont directement liés à l'activité humaine : ils sont donc variés et omniprésents. De ce fait, une analyse de risques n'a de réelles chances d'être efficace et utile que si les personnels concernés la prennent en charge en interne et la mènent à son terme, à l'aide d'un support méthodologique et, surtout, en s'appuyant sur leur expérience de terrain.

Il existe des méthodes d'analyse de risques générales, mais l'expérience de terrain est forcément spécifique à une activité.
Or, si le degré formalisation des grosses structures permet d'utiliser relativement facilement cette expérience, ce n'est généralement pas le cas des petites structures.
L'objet de cette recherche est donc de formaliser le processus de collecte et d'exploitation des connaissances acquises au fil des ans par le personnel des petites structures dans le but de pouvoir l'utiliser pour l'analyse de risques.

Nous nous intéressons par conséquent, dans cette recherche, aux petits établissements industriels qui ne bénéficient pas de l'influence d'un grand système industriel en matière de maîtrise des risques et soufrent qu'importantes lacunes. En revanche, ces petits établissements peuvent avoir différents statuts juridiques, comme celui d'entreprises indépendantes pour les PME.

1 La maîtrise des risques HSE dans les petits établissements industriels

Nous considérons que les petits établissements industriels sont des unités géographiques de production de taille réduite. Nous avons choisi de nous intéresser aux petits établissements industriels relativement autonomes et ayant d'importantes lacunes en matière de maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement. Parmi ceux-ci, les PME ont la caractéristique d'être juridiquement indépendantes.

La Figure 1 représente, de façon qualitative, notre terrain d'étude.

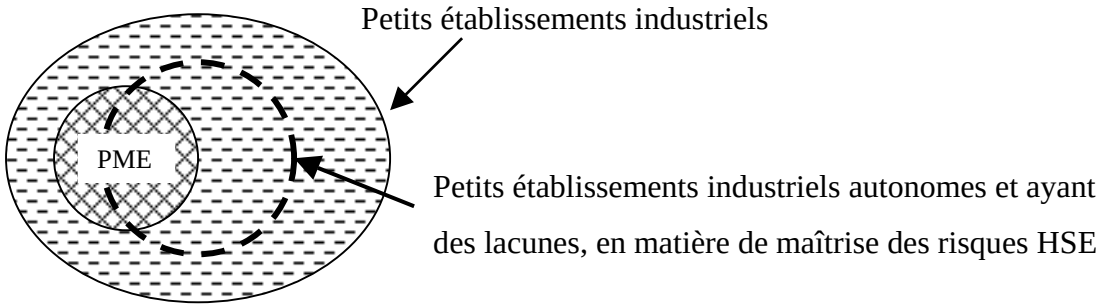

Petits établissements industriels
PME
Petits établissements industriels autonomes et ayant des lacunes, en matière de maîtrise des risques HSE

Figure 1 : Positionnement du terrain d'étude

Les PME ne représentent donc qu'une partie de notre terrain d'étude. Cependant, notre intervention en milieu industriel nous a permis de constater que les caractéristiques des petits établissements industriels, qui intéressent notre recherche, se rapprochent de celles des PME, exception faite du statut juridique.

Aussi, nous avons indifféremment pris en compte la littérature consacrée aux PME et aux petits établissements industriels.

1.1 Définition des petits établissements industriels

La plupart des spécialistes considèrent qu'une des plus grandes difficultés dans l'étude des PME est l'extrême hétérogénéité qui les caractérise [JULIEN 96]. C'est sans doute ce qui explique qu'il n'en existe pas de définition univoque ; ceci se traduit notamment par la variété des critères et des définitions employés.

Cette difficulté est encore amplifiée dans le cas des petits établissements industriels. Nous utiliserons toutefois les critères proposés pour les PME pour donner les principales caractéristiques de ces établissements.

Globalement, une distinction est opérée entre des critères formels, souvent quantitatifs, utiles pour une première approche mais peu représentatifs de la réalité, et des critères qui prennent davantage en compte le fonctionnement de l'entreprise. Aussi, nous nous en tenons aux premiers pour donner une définition qui nous permette de situer le type d'établissements que nous prenons en considération dans cette thèse. Nous utiliserons, dans un second temps, quelques caractéristiques du fonctionnement des PME, forcément plus ou moins partagées dans les différents petits établissements industriels, qui permettent de préciser le contexte de la recherche. Dans un cas comme dans l'autre, nous nous appuyons en grande partie sur les travaux du Groupe de recherche en économie et gestion des PME (GREPME).

1.1.1 La dimension brute

Ce qui caractérise sans doute le mieux les petits établissements industriels est leur petite taille. Des critères quantitatifs, tels que le nombre d'employés, la mesure des actifs ou le chiffre d'affaires, qualifient la taille de l'établissement ; en revanche, le terme « petite » conserve toute sa subjectivité.

En particulier, les seuils à partir desquels une entreprise est une PME varient d'un pays à l'autre mais aussi en fonction de l'objectif de la définition (programmes d'informatisation ou d'exportation, programme intégré de la CEE en faveur des petites et moyennes entreprises et de l'artisanat, etc.), ou encore selon le secteur d'activité auquel elle appartient. Par exemple, on peut considérer qu'un atelier d'usinage de 50 employés est, dans son secteur, une entreprise moyenne, alors qu'une PME de 100 employés dans le secteur du vêtement est de petite taille.

Plutôt qu'une valeur seuil entre grandes entreprises et PME, il est souvent plus avantageux de découper, notamment selon leur effectif, le grand ensemble des PME en sous-ensembles de comportement moyen plus homogène.
En utilisant le seuil de 500 salariés entre PME et grandes entreprises communément admis en France, H. Mahé de Boislandelle [MAHE 98] a défini les tranches suivantes :

- de 0 à 9 employés, très petite entreprise souvent considérée comme artisanale ;
- de 10 à 49 employés, petite entreprise, le seuil des 50 employés étant critique sur le plan réglementaire ;
- de 50 à 199 employés, moyenne entreprise, l'entreprise commençant à se structurer ;
- de 200 à 500 employés, moyenne grande entreprise, dont les caractéristiques de gestion se rapprochent beaucoup de celles des grandes entreprises.

En suivant ce principe, qu'il conviendra toutefois d'adapté au domaine d'activité pris en considération, nous considérons donc a priori que les petits établissements industriels sont des établissements de 10 à 49 employés.

1.1.2 Structure d'appartenance juridique

Lorsqu'on parle d'entreprises ou de PME, on se réfère à des centres de contrôle, avec une propriété délimitée. Ainsi, juridiquement, un petit établissement contrôlé par une grande entreprise n'est pas une PME.
Le fait de considérer des petits établissements industriels ne préjuge pas de leur statut juridique, mis à part la fraction identifiée des PME. Toutefois, l'indépendance juridique n'est pas systématiquement synonyme de l'indépendance réelle de l'établissement. Celle-ci fait également entrer en ligne de compte l'indépendance financière et l'indépendance économique de l'entreprise ou de l'établissement. Ainsi, la nature des liens entre différentes entités peut rendre davantage indépendantes des établissements juridiquement dépendants (filiales, franchises, etc.), alors qu'une part importante du chiffre d'affaires attribué à un client ou le mécanisme de sous-traitance rendront dépendante une entreprise considérée juridiquement indépendante.

La notion d'indépendance de l'entreprise se traduit en interne par l'autonomie du dirigeant. En matière de maîtrise des risques, un établissement peut ainsi gérer seul le problème des risques ou bénéficier d'une structure centralisée. Cependant, l'indépendance d'ordre

économique et financière, peut également avoir des répercussions sur l'activité à l'intérieur de l'établissement en termes de pression et de moyens. Sur ce chapitre, l'hétérogénéité des situations prime sur une règle stricte qui voudrait que seule les entreprises juridiquement indépendantes souffrent d'un contexte économique turbulent.

Aussi, bien que nous reconnaissions le caractère a priori pénalisant, en termes de maîtrise des risques, de l'indépendance de l'entreprise en raison de l'isolement qu'elle génère, nous ne l'attribuons pas aux seules PME, dont les caractéristiques de fonctionnement sont extrapolables à certains établissements.
Ainsi, la plupart des études réalisées en matière de sécurité dans les PME, et sur lesquelles nous nous appuyons pour décrire l'état de la maîtrise des risques en PME, prennent en compte les petits établissements et pas seulement les entreprises strictement indépendantes au sens juridique. La Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) utilise, de même, la notion de section[3] d'établissement et non d'entreprise pour ses statistiques sur les accidents du travail [FAVARO 96].

[3] une section correspond à une activité référée par un numéro de risque

1.2 Un état des lieux peu reluisant

Bien qu'il soit mal aisé de généraliser en matière de PME et de petits établissements, les études relatives à la maîtrise des risques dans les petits établissements font généralement état d'une situation peu reluisante. [FAVARO 96]. Nous nous appuyons principalement sur les résultats de trois études basées sur des enquêtes pour établir cet « état des lieux » de la maîtrise des risques dans les petits établissements.

Bien que les auteurs s'intéressent aux petits établissements industriels (puisqu'ils tiennent compte notamment du statut juridique), ils emploient le terme générique de PME (en faisant remarquer qu'il n'existe pas de définition univoque de ce sigle).

L'objectif de la première étude [FAVARO 97], de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), est de mieux connaître les pratiques et les représentations de la sécurité dans les PME. L'enquête porte sur 98 établissements, avec la participation du dirigeant et d'un membre du personnel (soit 181 questionnaires remplis), issues de régions et secteurs d'activité variés et de tailles comprises entre 19 et 199 salariés.

La seconde étude, réalisée dans le cadre d'une thèse de gestion se rapportant aux accidents du travail [ABORD 95], regroupe plusieurs enquêtes menées dans le secteur du décolletage de la vallée de l'Arve. L'enquête de plus grande ampleur porte sur l'ensemble des entreprises de plus de 10 salariés du dit secteur soit sur 168 entreprises. L'étude n'est pas explicitement spécifique aux PME, mais son auteur utilise un classement qui nous invite à la considérer comme telle : petite entreprise (moins de 15 salariés), moyenne entreprise (entre 15 et 30 salariés) et grande entreprise (plus de 30 salariés).

Enfin, la troisième étude [QUEZEL 96] est un projet de fin d'études d'élève ingénieur en Prévention des Risques Industriels : Hygiène, Sécurité et Environnement, centré sur les besoins des PME en prévention. L'enquête ne porte que sur 26 établissements de la région grenobloise mais l'étude apporte des pistes d'amélioration intéressantes.

Une cohérence notable existe sur les observations de ces trois études.

1.2.1 Accidentabilité des petits établissements industriels

Les accidents qui se traduisent potentiellement par des impacts à l'extérieur de l'établissement sont gérés par les Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE). Or, celles-ci n'utilisent pas la taille de l'établissement comme critère, mais sa

capacité à nuire à son environnement. Ainsi peu de constatations sont faites relativement à la génération de nuisance à l'environnement de façon accidentelle de la part des petits établissements industriels. Cependant, N. Gondran [GONDRAN 01] souligne la faible prise en compte de l'environnement en général, par les PME.

En ce qui concerne les accidents du travail, les indicateurs les plus communément utilisés sont les taux de fréquence et de gravité[4] ; les statistiques produites par la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) font référence en la matière. Celles-ci font globalement apparaître une suraccidentalité chez les salariés appartenant à des établissements d'effectifs réduits.

A titre d'exemple, L. Quezel-Ambrunaz utilise les statistiques de la Normandie pour étudier l'évolution des taux de fréquence des différentes catégories de salariés sur les années 1980 à 1990. La Figure 2 témoigne du fait que la suraccidentalité des petites structures existe mais à des degrés divers.

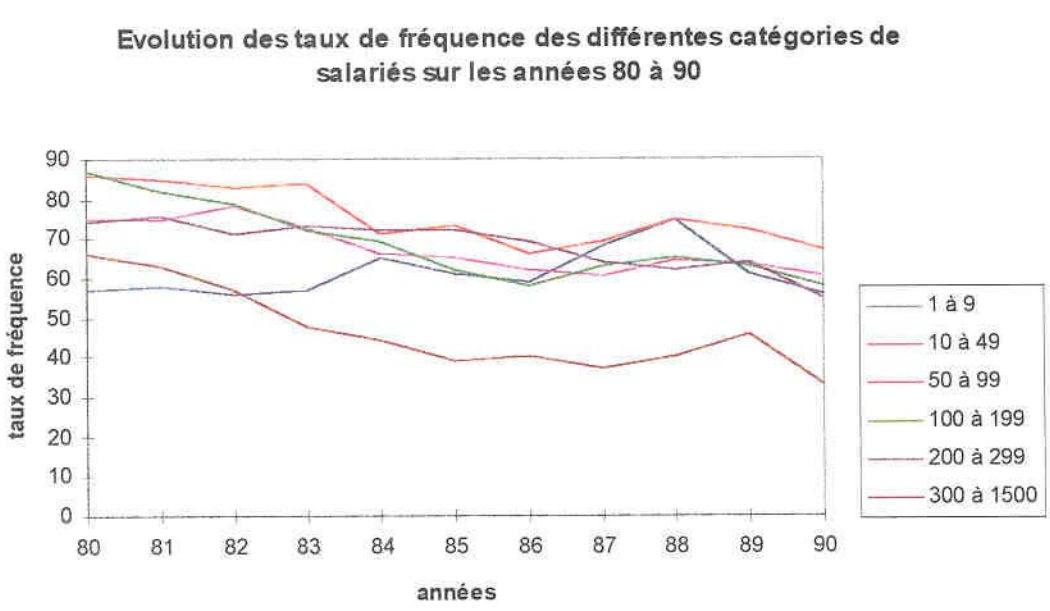


Figure 2 : Evolution du taux de fréquence pour différentes tranches d'effectif

[4] Taux de fréquence = (Nombre d'accidents avec arrêt / Nombre d'heures travaillées) . 10^6

Taux de gravité = (Nombre de jours d'arrêt / Nombre d'heures travaillées) . 10^3

L'auteur remarque une amélioration des résultats des grandes entreprises, tandis que les petites voient leur taux stagner ou augmenter. Elle explique cette évolution notamment par la prise en compte des problèmes de prévention dans la stratégie globale des grandes entreprises et le recours massif à la sous-traitance, permettant de s'affranchir d'un grand nombre de travaux à risques comme la maintenance et les travaux neufs.
Cependant, elle met également en garde sur l'utilisation de tels indicateurs statistiques. En effet, si on ramène le taux de fréquence à son indice[5] correspondant, pour lequel on remplace les heures travaillées par les effectifs, un accident dans une entreprise de 5 salariés donne un indice de fréquence de 6,7, alors que pour une entreprise de 100 personnes il faudrait 20 accidents pour obtenir le même indice. Or, 20 accidents du travail dans une même entreprise, n'ont pas la même signification qu'un seul, du point de vue de la prévention, quelle que soit sa taille.

L'étude de M. Favaro part également du constat que les « petites entreprises cumulent en moyenne un plus grand nombre d'accidents que les grosses structures ». S'attachant à étudier la répartition des petits établissements, l'auteur met en évidence une grande hétérogénéité de leur accidentabilité, y compris à l'intérieur d'un même secteur d'activité. Il souligne ainsi le fait que l'état de la prévention dans ces établissements s'explique moins par le niveau de danger induit par l'activité, que par le contexte général inhérent à ce type de structure.

1.2.2 Les pratiques de prévention

E. Abord de Chatillon distingue deux types d'outils de gestion de la sécurité parmi ceux présents dans les entreprises enquêtées : les outils « fonctionnels » tels qu'une fonction sécurité, un CHSCT[6], une procédure d'embauche comportant des tests psychotechniques, et les outils « informationnels » que sont les consignes écrites de sécurité, un tableau d'information sécurité, ou encore des affiches de prévention. M. Favaro ajoute un type d'outils « techniques » avec le suivi interne et l'entretien des équipements, la réalisation d'aménagements en hygiène/sécurité, ou l'utilisation d'une méthode d'analyse des accidents ou des risques.

[5] Indice de fréquence = (nombre d'accidents avec arrêt / (3 x effectif)) x 100

[6] Comité d'Hygiène, Sécurité et Conditions de Travail, obligatoire à partir de 50 salariés.

Concernant la répartition des petits établissements en fonction de leurs pratiques de prévention, M. Favaro distingue nettement les très petites entreprises, de type artisanal (comme les petits commerces de l'alimentaire) où l'on observe une absence pure et simple de préoccupations en matière d'hygiène et sécurité, des autres établissements, de plus grande taille et donc généralement plus structurés. Ceux-ci se caractérisent par plus ou moins d'activité de prévention, « en fonction de « déterminants » ou « configurations » favorables ou non : effectif, degré d'indépendance, activités et cultures techniques, position et performances économiques, systèmes de « conduites », profils des dirigeants ».

En particulier, les divers auteurs constatent que les pratiques de prévention se développent à mesure que l'établissement se structure, suivant la tendance amorcée par les autres fonctions de celui-ci. D'après M. Favaro, « les activités de prévention tendent à suivre assez inéluctablement trois étapes :

- activités de régulation (prises d'informations, mises aux normes),
- activités d'instrumentation (outils, méthodes),
- activités de structuration (moyens, ressources, logistiques). »

La structuration de l'entreprise s'accompagne d'une dépersonnalisation de la prévention ; celle-ci permet notamment de renverser la tendance, observée chez les petits entrepreneurs, à percevoir l'hygiène et la sécurité comme impliquant les valeurs personnelles plutôt que les responsabilités professionnelles [FAVARO 96].

Cette structuration est souvent due à l'augmentation de l'effectif, ce qui explique que l'on observe des pratiques d'autant plus limitées que les établissements sont d'effectifs modestes. M. Favaro note ainsi que « en deça d'une moyenne de 30-40 employés, « l'inactivité » semble être de règle. Mais au delà d'une centaine d'employés, la situation en matière de prévention tend à s'améliorer, conséquence d'une structuration qui s'impose progressivement dans tous les secteurs de l'entreprise ».

D'autre part, la structuration est également liée au niveau de complexité technique, dans la mesure où la complexité technique tend à produire de la complexité organisationnelle. Cet élément permet également à M. Favaro de mettre en évidence que le niveau de danger n'intervient pas directement sur le développement des pratiques de prévention. Il obtient, en effet, une forte discrimination entre des secteurs d'activité très techniques (chimie) et très peu techniques (commerces, transport) alors que des secteurs d'activité réputés dangereux comme les industries du bois et mécaniques n'apparaissent pas parmi les entreprises les plus actives

ni celles les plus inactives. Il en déduit que le comportement des petits établissements vis-à-vis de la prévention s'explique davantage par leur structure que par le niveau de danger induit par leur activité.

Enfin, le niveau de structuration d'un établissement est également fonction de son niveau d'indépendance. M. Favaro remarque à ce sujet, « une situation de forte association entre indépendance structurelle et « inactivité » », alors qu'il est plus difficile de classer de façon catégorique les établissements plus dépendants (en utilisant plusieurs types de niveaux de dépendance) dans la catégorie d'entreprises actives.

1.2.3 Un besoin peu manifesté

Les trois études utilisées soulignent ce que M. Favaro appelle une « demande naturelle » de prévention faible ou inexistante ».

Une des enquêtes de E. Abord de Chatillon porte sur l'origine de la mise en place des outils de gestion de la sécurité. Elle met en évidence la nette prépondérance de l'origine externe de l'émergence des pratiques sécuritaires, majoritairement attribuée à la pression administrative et de façon moindre à l'influence des clients. D'après H. Mahé de Boislandelle [MAHE 98], « La législation très contraignante en France, supplée largement dans l'esprit de beaucoup à la réflexion en la matière, jugée de ce fait inutile. ». E. Abord de Chatillon souligne cependant, que le bénéfice inhérent à cette introduction de pratiques d'origine externe reste partiel. Il décrit, en effet, l'organisation comme soumise à deux réalités : l'une conforme au prescrit avec l'existence de consignes et procédures et l'autre adoptant « les pratiques communément admises de procédures approximatives qui conviennent à tous, adaptations négociées et régulées entre partenaires ».

L. Quezel-Ambrunaz a interrogé directement les entrepreneurs sur leurs besoins en matière de prévention. Presque la moitié des chefs d'établissement considèrent qu'ils n'ont pas de besoins, soit parce que leur service sécurité gère les problèmes, en interne ou avec le groupe (c'est le cas des entreprises de plus de 100 personnes et des filiales), soit parce que les services de la CRAM, des médecins et inspecteurs du travail leur suffisent (cas des entreprises de moins de 50 personnes), soit encore que les stagiaires qu'ils prennent ponctuellement leur suffisent. C'est également une des raisons invoquées par les chefs d'établissement sollicités, qui n'ont pas souhaité participer à l'enquête. Paradoxalement, c'est dans les établissements les plus actifs, que les personnes interrogées font état de besoins. Ceux-ci portent sur la

formation, les études techniques ponctuelles et l'information à caractère réglementaire et technique.

M. Favaro interprète cette faible émergence de besoin à l'égard de la prévention, d'une part, par le fait que les PME ne considèrent pas les questions d'hygiène et sécurité comme un problème « réel » pour l'entreprise, et d'autre part, parce que la prévention, fondée sur le long terme et le non-événement s'oppose à l'univers pragmatique et à court terme de ces établissements.

Le constat que dressent les auteurs des trois études précédemment utilisées, désigne le contexte des PME comme en grande partie responsable des lacunes que présentent la majorité des petits établissements en matière de prévention des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement.
Ce constat s'étend plus généralement aux petits établissements industriels qui constituent notre terrain d'étude, puisque nous nous intéressons à des établissements relativement autonomes en matière de maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement c'est à dire non régulés par le programme de maîtrise des risques d'une éventuelle entité les chapotant.
Ainisi, deux explications possibles et complémentaires se dégagent. L'une implique effectivement les caractéristiques intrinsèques des petits établissements, qui rejaillissent naturellement sur chacune des fonctions de l'établissement dont la gestion des risques. La seconde, tout en étant liée aux petits établissements est spécifique à la prévention et se traduit par l'inadéquation des représentations des risques et de leur maîtrise, développées d'une part par le chef d'établissement et d'autre part par le « préventeur ». Dans les paragraphes suivant, nous abordons ces deux types d'explications avant d'envisager des voies d'amélioration possibles.

1.3 Un contexte spécifique

Comme nous l'avons précisé, notre terrain d'étude comporte des PME et d'autres petits établissements industriels qui possèdent, au moins sur un plan local, les mêmes caractéristiques que celles-ci, à l'exception de leur statut juridique.

Aussi, nous avons étudié la littérature propre aux PME pour définir le contexte de l'ensemble des établissements de notre terrain d'étude. Afin de ne pas déformer les propos des auteurs, nous utilisons toutefois le terme de PME.

Une fois ce contexte dégagé, nous admettrons qu'il permet de donner un aperçu du contexte des petits établissements industriels que nous souhaitons étudier, comme il le fait de la « moyenne » des PME.

1.3.1 Considérations d'ordre économique

Grandes entreprises et PME semblent davantage complémentaires que concurrentes avec des fonctions économiques différentes. Ainsi, en ce qui concerne le secteur manufacturier, les PME apparaissent principalement comme des sous-traitants de capacité des grandes entreprises, des spécialistes à l'intérieur de « niches » techniques ou encore jouent sur le service de proximité.

Plus souple et plus facilement adaptable, la PME est aussi plus vulnérable. Il existe par exemple une forte volatilité, notamment des plus petites entreprises. Si la cause principale de faillite est souvent le manque de connaissance en gestion financière des petits entrepreneurs, le GREPME souligne que le solde entre créations et faillites d'entreprises varie avec la conjoncture. O. Torrès [TORRES 99] évoque, à ce titre, la mécanique de la sous-traitance comme amortisseur de la conjoncture économique. Les grandes entreprises s'appuient sur leur sous-traitants de capacité pour éponger les fluctuations de la demande et assumer l'instabilité de l'emploi. Une baisse mineure du chiffre d'affaires d'une grande entreprise peut s'accompagner d'une chute vertigineuse de celui de ses petits sous-traitants. Il utilise le terme d'« effet papillon » pour traduire le fait qu'un événement en apparence mineur, entraîne toute une série de réactions qui peuvent s'avérer catastrophiques. Par exemple, une crise déclenchée dans les pays asiatiques aura des répercussions sur les débouchés de certaines entreprises françaises et par un effet de réactions en chaîne aura un impact dramatique sur des PME locales. La vulnérabilité de la PME s'explique alors par sa situation de dépendance économique avec ses clients (plus la part du chiffre d'affaires réalisée par un client est grande,

plus l'entreprise s'installe dans une situation de dépendance), mais aussi par l'impact grossi par l'« effet papillon » d'événements tels que le départ en retraite d'un salarié, l'arrivée d'un nouveau concurrent, le refus d'un prêt bancaire, la faillite d'un fournisseur, la dévaluation compétitive d'une monnaie étrangère, etc.

Nous sommes alors dans un contexte focalisé sur la production et peu propice à la débauche de moyens, comme l'indique le GREPME. Plusieurs études ont montré que les PME semblaient relativement en retard comparées aux grandes entreprises quant à l'investissement matériel ou à l'égard de l'utilisation des nouvelles technologies de production ou encore de la veille technologique et de la qualité des ressources humaines, c'est à dire en investissement immatériel. Cette analyse doit être nuancée, car ce retard dans certains secteurs ou pour certaines technologies tend à être rattrapé assez rapidement. Cependant, les limites à l'acquisition des nouvelles technologies par les PME sont leur coût parfois trop élevé, l'inadéquation de ces technologies à leurs véritables besoins et la faible capacité des firmes à les connaître et à les utiliser.

Même lorsque toute la production peut être réalisée par du matériel nouveau, beaucoup de PME conservent en parallèle des outils ou des machines traditionnelles pour des productions de petites séries ou à la pièce. D'autre part, il est fréquent que les PME aient recours à ce que le GREPME appelle de l'innovation spontanée, pour améliorer le rendement des vieux équipements ou recycler pour d'autres usages des équipements usagés achetés à de grandes firmes. Toutes les PME d'un même secteur ne vont donc pas avoir les mêmes technologies, de même qu'à l'intérieur d'entre elles, on rencontre rarement l'introduction massive et semblable d'une technologie.

Du côté des ressources humaines, les PME auraient une main d'œuvre relativement moins instruite ou moins formée que les grandes entreprises, mises à part les PME fortement innovatrices ou de pointe. On constate une plus forte précarité de l'emploi mais également un préjugé favorable les décrivant comme des organisations où les relations du travail se caractérisent par une meilleure convivialité et des échanges beaucoup moins impersonnels.
En fait, l'organisation du travail constitue presque une discipline autonome, englobant une variété d'approches, de méthodes et des techniques contribuant à optimiser le degré de productivité des organisations. Ces pratiques s'avèrent généralement moins formalisées en PME par des procédures et des politiques écrites. Toutefois, la situation diffère

considérablement d'une entreprise à l'autre, sans lien significatif avec la taille, le secteur et la localisation de la firme.

1.3.2 Structure de l'organisation

Considérées, a priori, comme étant dotées de structures simples et stéréotypées, les PME se révèlent en fait posséder des structures diversifiées et parfois relativement complexes. Plutôt que rentrer dans ces différentes configurations, nous préférons énoncer les traits communs généralement observés dans ces structures.

En s'inspirant de Mintzberg, H. Mahé de Boislandelle [MAHE 98] considère que les organisations comportent généralement cinq parties fondamentales, plus ou moins développées selon les cas :

- le centre opérationnel composé d'opérateurs dont le travail est directement lié à la production des biens et/ou des services (opérateurs, vendeurs…),
- le sommet stratégique formé de la direction, ici dirigeant propriétaire et adjoint(s) immédiat(s),
- la ligne hiérarchique composée de l'encadrement (cadre, agent de maîtrise,…)
- la technostructure formée d'analystes de prévisionnistes, de spécialistes des procédures et de contrôleurs,
- le soutien logistique qui a une fonction d'appui indirect au flux de travail (service des ressources humaines, R&D, réception,…).

En PME, on constate souvent l'absence ou l'atrophie de certaines parties, notamment celle du soutien logistique. Par ailleurs, la distinction entre la technostructure et la ligne hiérarchique est difficile à effectuer en raison du cumul des rôles de « fonctionnel » et de « hiérarchique ». Ainsi, faiblement hiérarchique , la structure des PME est généralement qualifiée d'organique par opposition à une structure mécanique ou bureaucratique.

Il nous semble que cette « atrophie » de la structure induit deux types de conséquences : l'externalisation de certaines fonctions (notamment celles de la technostructure) et la concentration des fonctions conservées à l'interne.

Le GREPME fait, en effet, état d'un recours accru à des réseaux de PME interdépendantes ou mettant en commun certaines fonctions. Les PME se reposent également sur des cabinets de conseil (exemple d'un comptable extérieur) ou des organismes d'Etat. Nous avons vu, par exemple, que des PME interrogées expliquaient leur manque de besoin en matière d'hygiène et sécurité par le rôle des CRAM, médecins et inspecteurs du travail, qui remplissent alors la fonction de soutien logistique.

La concentration des fonctions conservées à l'interne implique une faible spécialisation du personnel et du dirigeant en particulier. Ce dernier est souvent très polyvalent ; ses activités appartiennent à des champs différents (le commercial, l'approvisionnement, le financier, la maintenance, les relations publiques, etc.) qui font l'objet d'une gestion spécialisée dans les grandes entreprises mais rarement dans les PME.
Ainsi en matière d'hygiène et sécurité, le dirigeant assume les responsabilités[7] dans plus de 40% des cas et délègue ces tâches à un employé attitré en gestion des ressources humaines dans un peu plus du quart des entreprises, ces proportions différant selon la taille [JULIEN 96]. En ce qui concerne l'environnement, N. Gondran fait état de la prise en charge directe par le chef d'établissement dans 60% des entreprises. Dans les 40% restant, le cadre en charge de l'environnement a d'autres responsabilités dont la qualité, la sécurité, la production ou la maintenance.

H. Mahé de Boislandelle [MAHE 98] utilise la notion « d'effet de grossissement » pour traduire l'effet de la structure, en terme d'effectif réduit et de sous-spécialisation, sur les attitudes, qui amène en particulier le dirigeant à considérer comme stratégique l'ensemble des actions à mener.
Le nombre réduit d'employés permet au dirigeant de privilégier un contrôle direct, caractéristique dominante en PME, mais en contre partie augmente le poids relatif de chacun des membres de l'entreprise. Or, ce poids relatif est directement lié aux phénomènes de concentration des flux d'information pour l'émetteur et d'attention à l'égard de ces flux pour le récepteur. Aussi, la forte implication du dirigeant dans l'organisation, l'intensité affective

[7] Il est question ici de responsabilité en termes de prise en charge de la fonction. Il est clair que selon la loi le chef d'entreprise est civilement et pénalement responsable de la sécurité de son établissement, à moins qu'il ne prouve qu'il a procédé à une délégation de pouvoir auprès d'un de ses collaborateurs, ce qui ne semble pas être courant en PME.

de ses relations, les urgences ressenties et le nombre des activités à affronter dans le champ temporel et spatial de son système de priorité, focalisent son attention sur l'immédiat, à la fois dans le temps (le court terme), dans l'espace (le plus proche physiquement) et dans l'esprit (le plus proche psychologiquement). Or, plus un sujet dépense son énergie en focalisations de proximité, moins il reste vigilant et disponible pour voir et regarder à l'extérieur et au loin.

Ainsi la gestion quotidienne de la PME prend souvent des allures de situation de crise ou d'état d'urgence. Le rythme de la production est inégal, alternant des moments de ralentissement, voire de calme plat, et des phases d'accélération. Les dépassements d'horaires sont fréquents et nécessaires pour satisfaire les soubresauts de la demande. [TORRES 99]

1.3.3 Mécanismes de prise de décision

Dans une très petite entreprise, on trouve une centralisation presque totale de la décision. A mesure que l'entreprise grandit et que l'organisation se développe, on assiste à un certain partage de l'analyse, bien que la décision demeure l'apanage de la direction.

De la même façon que l'on a une faible spécialisation des fonctions, on observe au plan décisionnel, une forte imbrication entre les décisions stratégiques, administratives et opérationnelles.

C'est notamment ce que traduit le modèle que développe N. Gondran [GONDRAN 01] dans le cas de l'intégration de l'environnement par les PME. En tant que domaine de l'entreprise jugé secondaire par le dirigeant au regard des domaines plus directement impliqués dans les résultats de l'entreprise, les mécanismes de prise de décision en matière d'environnement (dans le sens de la gestion des rejets chroniques susceptibles de produire des impacts environnementaux) sont logiquement de même type que ceux appliqués à la maîtrise des risques (au sens de la gestion des sources d'accidents).

La

Figure **3** décrit le modèle proposé par l'auteur.

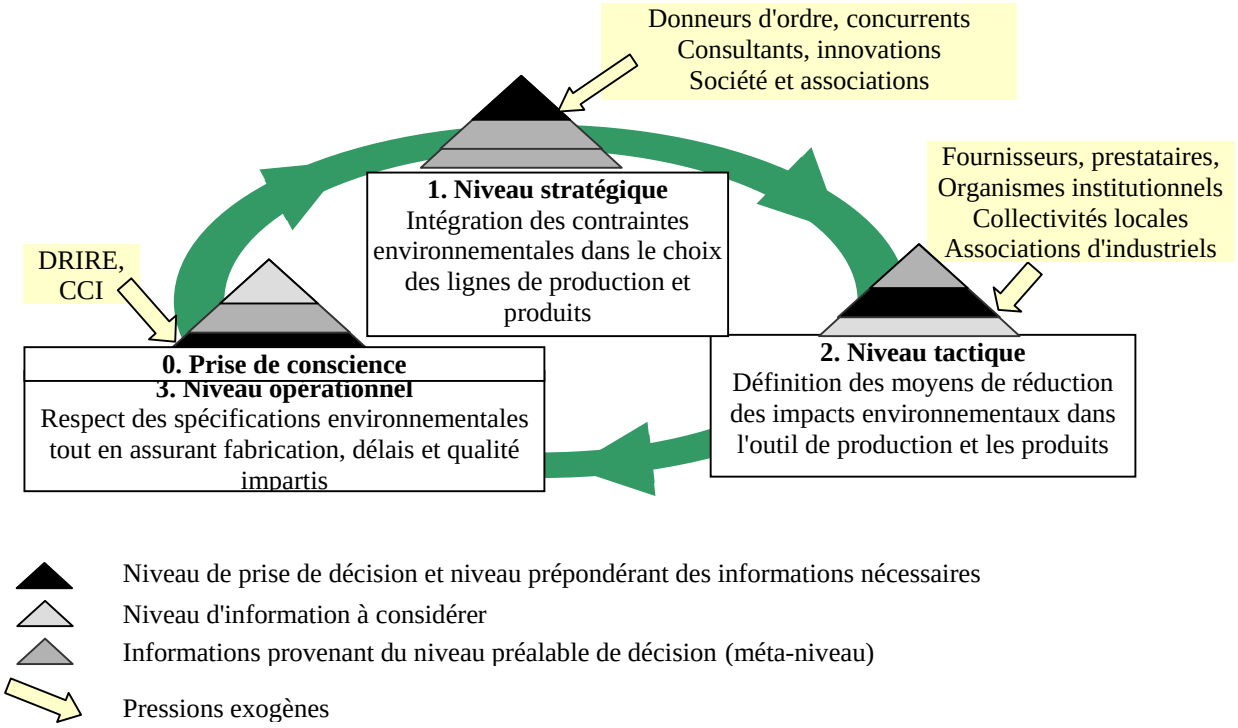

Donneurs d'ordre, concurrents
Consultants, innovations
Société et associations
1. Niveau stratégique
Intégration des contraintes environnementales dans le choix des lignes de production et produits
Fournisseurs, prestataires,
Organismes institutionnels
Collectivités locales
Associations d'industriels
DRIRE,
CCI
0. Prise de conscience
3. Niveau opérationnel
Respect des spécifications environnementales tout en assurant fabrication, délais et qualité impartis
2. Niveau tactique
Définition des moyens de réduction des impacts environnementaux dans l'outil de production et les produits
Niveau de prise de décision et niveau prépondérant des informations nécessaires
Niveau d'information à considérer
Informations provenant du niveau préalable de décision (méta-niveau)
Pressions exogènes

Figure 3 : Représentation de l'intégration de l'environnement dans la PME (modèle simplifié) [GONDRAN 01]

Compte tenu du fait que les PME ont généralement en matière d'environnement, une approche restrictive, pragmatique et focalisée sur les problèmes immédiats, « leur prise de conscience de la nécessité d'intégrer l'environnement est souvent déclenchée par un problème qui se pose au niveau opérationnel dans sa gestion quotidienne ».

Idéalement, ce « signal d'alarme » doit provoquer chez le dirigeant une réflexion de niveau stratégique intégrant les questions environnementales. Il doit définir les enjeux liés à l'environnement pour son entreprise et la façon de les maîtriser. Dans un second temps, ce même dirigeant, et le responsable technique le cas échéant, traduisent ces décisions stratégiques au niveau tactique par des décisions en termes de choix technologiques et organisationnels. Un troisième niveau de réflexion, bien qu'également orchestré sinon décidé

par le dirigeant, permet de passer du niveau tactique à la mise en œuvre opérationnelle par la concrétisation des solutions techniques et l'établissement de procédures.

N. Gondran précise bien que cette représentation modélise le cas "idéal". La pratique générale aurait plutôt tendance à stagner au niveau opérationnel n'offrant que des solutions « pauvres » et à court terme. L'intérêt que présente ce modèle est d'utiliser la position centrale du dirigeant, à la fois concerné directement et personnellement par les problèmes opérationnels et à l'origine de la stratégie de l'entreprise. Il permet également à l'auteur de souligner que la difficulté majeure du processus réside dans le fait de savoir comment faire effectuer au dirigeant ce « saut stratégique » c'est à dire susciter chez lui un intérêt pour l'environnement à la hauteur de celui des domaines qu'il estime stratégiques pour son entreprise. Une fois l'environnement intégré comme problématique à part entière de l'entreprise, les solutions seront une réponse véritablement efficace, tout au moins à moyen et long termes.

Le GREPME décrit, d'autre part, les mécanismes de prise de décision du dirigeant comme intuitifs et peu formalisés. Le dirigeant s'appuie fortement sur des représentations, plus que sur des analyses « objectives » de la « réalité ». Aussi, le rôle de l'expérience, de l'intuition, (le « bon sens », le « flair ») sont-ils déterminants pour ses processus de prise de décision. Ils sont également peu formalisés car, contrairement aux grandes entreprises qui doivent préparer des plans relativement précis des actions projetées afin que toute l'organisation puisse s'y référer, le dirigeant de la petite entreprise est suffisamment proche de ses employés clés pour leur expliquer au besoin tout changement de direction.

1.3.4 Système d'information

Le système d'information interne et de coordination est à rapprocher de la forme d'organisation de type organique que développe généralement les PME. R. Reix [REIX 95] décrit ce type d'organisation en ces termes :

- « une définition floue des rôles avec des recouvrements, des redondances, variant avec la personnalité du titulaire,
- une communication reposant sur l'ajustement mutuel par interaction directe,
- le développement de routines non explicites,
- l'existence de groupes de travail informels avec des formes de contrôle de type clanique,
- un rôle important assigné à la culture d'entreprise. ».

Ces dispositifs favorisent les mécanismes d'apprentissage par expérience, imprégnation, initiation et aboutissent au développement d'une connaissance tacite.
L'auteur oppose à cette description, des formes d'organisation de type mécanique ou bureaucratique, dans lesquelles la communication est davantage formelle et explicite, reposant notamment sur des procédures écrites et la coordination repose sur la standardisation.

En ce qui concerne leur système d'information externe, les dirigeants de PME préfèrent là encore les médias les plus informels fondés sur la communication orale. Ils connaissent personnellement tous les clients et les fournisseurs de l'entreprise et s'informent préférentiellement par le biais de réseaux de relations personnelles [TORRES 99] [JULIEN 96].
Bien qu'orientée vers la prise en compte de l'information relative à l'environnement par les PME, les résultats de l'étude de N. Gondran [GONDRAN 01] sont extrapolables à la prise en compte par les PME de l'information externe relative à la sécurité. Ces résultats montrent notamment que les PME accordent généralement plus d'importance aux acteurs avec lesquels elles sont le plus souvent en contact direct mais dont la nature varie d'une entreprise à l'autre (fournisseurs, CCI[8], centre technique industriel, CRAM[9], etc.). De plus, d'une manière globale, si une entreprise est ouverte sur ses partenaires pour sa politique générale, elle l'est aussi sur les questions environnementales, donc peut-on penser également sur des questions de sécurité. Nous expliquons ces résultats par la confiance que le dirigeant accorde à ses partenaires et qui est nécessaire au mode de communication informel propre au dirigeant de PME.

Le Tableau 1 fournit une synthèse des caractéristiques de la spécificité de la PME.

Spécificité environnementale
- incertitude : face à l'environnement technologique ;
- vulnérabilité : envers les forces de la concurrence (clients, fournisseurs).

Spécificité organisationnelle
- structure peu formalisée, peu différenciée ;
- ressources : « pauvreté » en ressources humaines et financières.

Spécificité décisionnelle
- cycle de décision stratégique : à court terme, réactif (plutôt que proactif)

[8] Chambre de Commerce et d'Industrie

[9] Caisse Régionale d'Assurance Maladie

- processus décisionnel : intuitif, expérientiel, peu d'utilisation d'informations et de techniques formelles de gestion, focalisé sur les flux physiques (plutôt que les flux informationnels).

Spécificité psychologique

- rôle dominant de l'entrepreneur : peu de partage d'informations, peu de délégation de prises de décision ;
- climat psychologique : attitudes favorables mais peu d'attentes envers les systèmes d'information.

Spécificité des systèmes d'information

- fonction SI : stade de développement peu avancé, subordonnée à une fonction comptable, peu d'expertise, d'expérience et de formation en gestion des systèmes d'information ;
- complexité des SI : accent mis sur les applications administratives (plutôt que managériales) à base de progiciels (plutôt que développées sur mesure), peu d'expertise technique ;
- succès des SI : sous-utilisation des systèmes d'information, peu d'impact sur l'efficacité décisionnelle et organisationnelle.

Tableau 1 : Caractéristiques de la spécificité de la PME [JULIEN 97]

Pour conclure sur le chapitre du contexte des PME, O. Torrès [TORRES 00] explique la configuration spécifique de gestion des PME par le principe de proximité. Il décrit le rôle de la proximité dans la faible spécialisation du personnel des PME, dans leur stratégie intuitive et peu formalisée et dans leurs systèmes d'information interne et externe simples ou peu organisés, évoquant des proximités spatiale, fonctionnelle, hiérarchique et temporelle. Ainsi, au-delà d'une approche simplement descriptive, l'auteur apporte une approche explicative. Nous pouvons alors en déduire qu'en tant que « mécanisme fédérateur » des caractères classiques des PME, ce principe de proximité doit s'appliquer aux outils visant ce type d'entreprises.

1.4 Inadéquation des représentations des risques et de leur maîtrise par les entrepreneurs et les préventeurs

L'étude de M. Favaro fait apparaître un clivage parmi les petits établissements entre les établissements actifs et inactifs pour ce qui concerne la maîtrise des risques industriels. « En revanche du point de vue de la représentation des risques, de la sécurité, les petites entreprises présentent de nombreux traits communs et ceci assez indépendamment des niveaux de pratiques observables. ». De plus, une similitude très importante des opinions des employés et des dirigeants est observée par M. Favaro et E. Abord de Chatillon.

1.4.1 Un contexte décisionnel « flou »

Contrairement à ce qu'une conception rationaliste de la prévention attendrait, l'étude de M. Favaro met en évidence l'absence de relation systématique entre risques et moyens de prévention. Il souligne ainsi une faible consistance des relations représentations-actions, que ce soit entre des types de risques et leurs moyens de prévention, entre des types d'accidents et leurs causes ou entre les nuisances indiquées et celles surveillées.

D'après M. Favaro, ce résultat ne s'explique pas forcément par une méconnaissance des problèmes « réels » ou des solutions existantes mais par une appréhension de la prévention en termes de systèmes décisionnels flous, au sens de J. G. March. Cet auteur[10] propose un modèle de décision dit « garbage can », correspondant à des systèmes décisionnels caractérisés par un faible déterminisme entre « entrées » (les risques, les causes d'accidents) et « sorties » (les pratiques de prévention, les accidents). Au vu du paragraphe précédent, ce modèle nous semble effectivement représentatif des mécanismes de prise de décision en PME. Aussi, paraît-il logique, que le dirigeant adopte un fonctionnement décisionnel unique, qu'il s'agisse de prévention ou d'autres fonctions de l'entreprise.

Cette faiblesse ou absence de structuration de l'action de prévention peut également s'expliquer, d'après M. Favaro, par des situations de rationalité faible ou locale, dues à un manque de recul de la part du dirigeant et une gestion quotidienne à court terme.

[10] MARCH J. G., Décisions et organisations, Paris, Les éditions d'organisation, 1991.

La psychologisation de la sécurité est, selon nous, une conséquence de ce faible déterminisme, à laquelle, contrairement à la dépersonnalisation dans les grandes entreprises, rien ne s'oppose dans le contexte des PME. Elle se traduit par la désignation de l'individu, et plus précisément sa « psychologie » comme principale cause d'accident et cible de prévention. Pour M. Favaro, « Lorsqu'aucune décision d'action ne parvient à s'imposer de façon rationnelle, soit parce que les risques en question sont hétérogènes, diffus, insaisissables, soit parce que les moyens, le temps, la formation, etc. peuvent manquer et peut-être surtout parce que les priorités sont ailleurs, alors cet ensemble de contraintes et de limitations induit de façon très prévisible – sinon acceptable – la réponse « facteur humain ».

1.4.2 L'accident, producteur de dangerosité

En considérant le système de prévention comme une boite noire dont les entrées sont les risques et les sorties les accidents, le processus décisionnel flou ne réclame pas une détermination précise des entrées pour fonctionner. Or, la psychologisation de la sécurité fournit une entrée « facile » à laquelle le modèle décisionnel ne demande pas de cohérence. Ceci renforce certainement le fait que peu d'efforts soient déployés pour identifier les risques ; interrogeant les dirigeants et personnels sur les risques d'accidents, incidents ou maladies qui leur paraissaient les plus préoccupants dans leur entreprise, M. Favaro note une importante proportion de réponses évasives voire de réponse par l'absence de risques et une insistance sur les risques « bénins » (poussières, échardes, etc.).

En fait, cette même étude révèle une conception selon laquelle la machine ou l'équipement ne sont pas a priori dangereux pour l'intéressé, car réglementés et munis de sécurités. Cette conception trouve son origine dans la normalisation du couple équipement/utilisateur à travers les obligations réglementaires, notamment l'obligation de certification de conformité des machines dites « dangereuses » et le recours aux « bonnes pratiques ». En d'autres termes, les personnes interrogées considèrent que tant que l'on est dans la norme c'est à dire que les machines sont conformes et que les opérateurs utilisent les bonnes pratiques, il n'y a pas de risques.
Par contre, « au delà d'un certain seuil de gravité, il devient manifeste que tout équipement impliqué dans un accident est ou devient dangereux pour les répondants ». M. Favaro conclut que « **c'est bien l'accident – phénomène concret et déterminé – plutôt que le risque – concept abstrait et probabiliste – qui du point de vue de l'intéressé est producteur de**

dangerosité ». L'accident apporte en quelque sorte la preuve de la dangerosité de la machine présumée innocente.

En revanche, bien que l'accident soit la manifestation du danger la recherche de ses causes n'est pas formalisée et fait davantage appel aux idées préconçues (causes impliquant le hasard et autres causes indéterminées) qu'aux méthodes d'analyse des situations d'accidents.

1.4.3 L'inadéquation des représentations des entrepreneurs et des préventeurs

M. Favaro traduit cette représentation a posteriori des risques de l'entrepreneur par le modèle représenté sur la Figure 4.

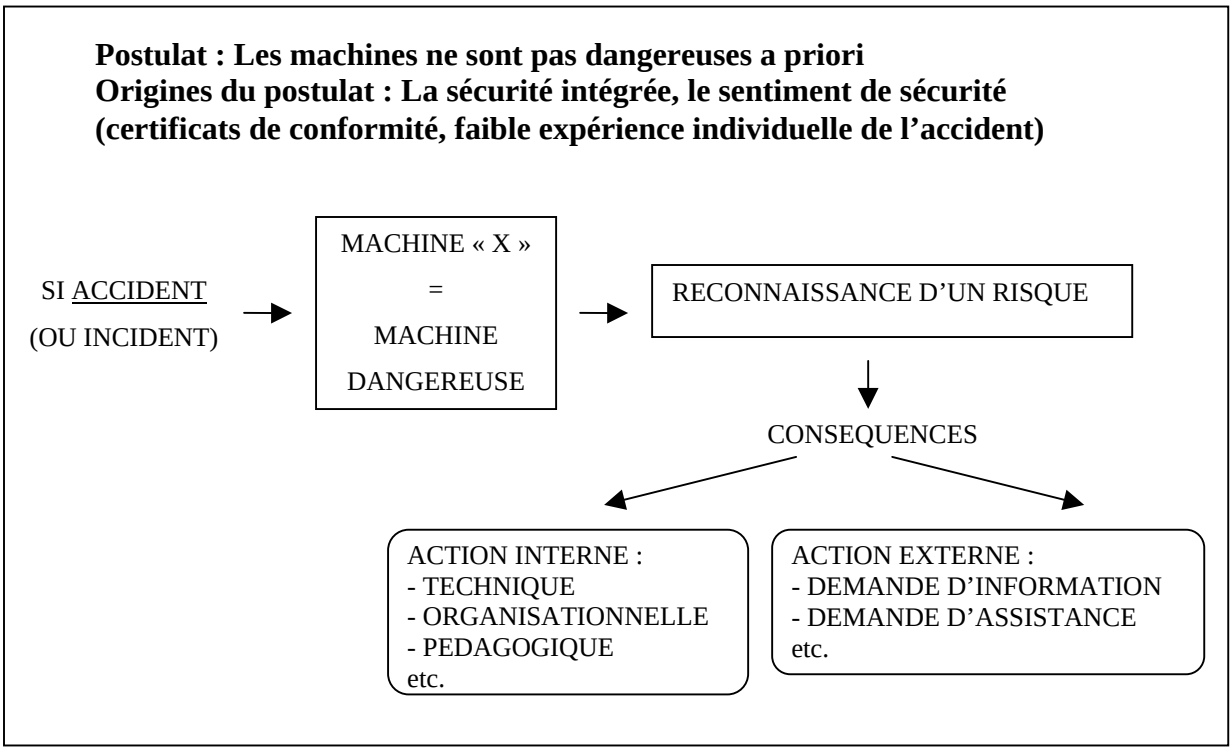


Figure 4 : Machines dangereuses : les représentations des « entrepreneurs » [FAVARO 97]

Nous attribuons cette représentation aux entrepreneurs de PME mais les études précédemment évoquées, associent également à cette représentation les autres membres de l'entreprise.

Le dirigeant se focalise sur les fonctions de production et de gestion qui accaparent l'essentiel de son temps ; il considère que la prise en compte du danger imposée par la réglementation est le fait du constructeur de l'équipement.
Sur le terrain, une machine, et plus généralement une activité, est avant tout considérée par rapport à ce qui se rapporte directement au travail, c'est à dire à la production. Ainsi, le caractère dangereux ne fait pas partie des attributs pris en compte, si aucune attention particulière n'est manifestée à ce sujet. Or, la communication étant essentiellement informelle et les connaissances tacites, cette attention particulière est le fruit d'expériences s'accumulant progressivement au sein de l'entreprise.

A cette représentation a posteriori, M. Favaro oppose celle des préventeurs ou « experts » en prévention qui, à l'inverse, développe une représentation a priori des risques (Figure 5).

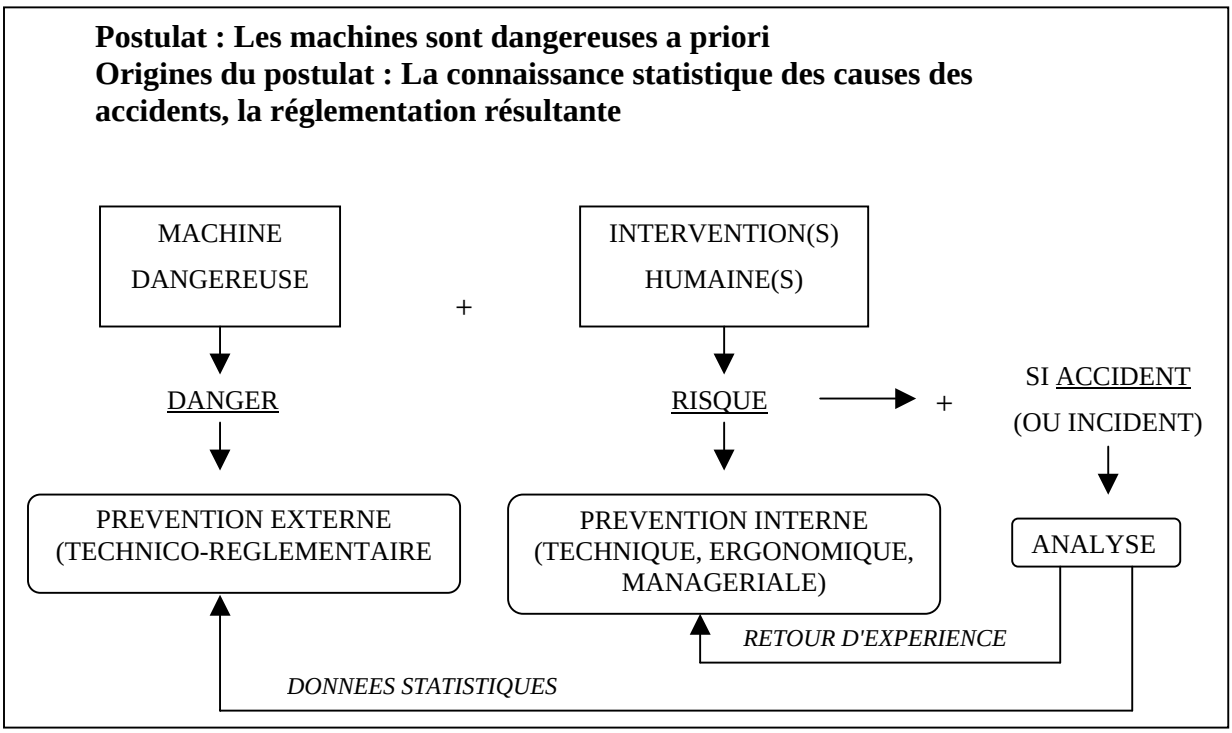


Figure 5 : Machines dangereuses : les représentations des « experts » [FAVARO 97]

Par définition, la prévention se situe en amont de l'événement et se focalise sur le caractère dangereux de l'activité. Les préventeurs sont, pour les petites PME, externes à l'entreprise et interviennent sur sa prévention, soit directement par le biais d'organismes d'Etat tels que les CRAM, médecins et inspecteurs du travail ou de consultants, soit de façon indirecte par le biais des outils qu'ils conçoivent. Dans chacun des cas, leur raisonnement a priori transparaît

dans leurs actions et, bien que légitime, il peut constituer un obstacle en PME, dans la mesure où il s’oppose au raisonnement dominant de ce contexte.

1.5 Voies d'amélioration

Ce premier chapitre témoigne du constat opéré par différents auteurs, dont M. Favaro, aux travaux duquel il est fréquemment fait allusion. Ce constat fait apparaître que la prévention en PME et, par extension aux petits établissements industriels qui constituent notre terrain d'étude, n'est pas pratiquée de façon très rationnelle, ce qui tend à expliquer des résultats en la matière inférieurs à ceux des grandes entreprises, accusant une meilleure prise en compte de la prévention.

Cependant, ces auteurs ne s'en tiennent pas à ce simple constat mais proposent différentes voies d'amélioration. Nous achevons donc ce chapitre en faisant état de ces propositions de façon à indiquer le niveau où se situe notre contribution.

Nous avons vu que plus l'entreprise se structure, plus les activités de prévention passent d'activités de régulation (prises d'informations, mises aux normes) à des activités d'instrumentation (outils, méthodes) et enfin de structuration (moyens, ressources, logistique). Nous utilisons ce classement pour présenter les différentes voies d'amélioration, en insistant sur le fait qu'en réalité, comme le constate M. Favaro, ces différents niveaux ne s'excluent pas mutuellement, mais sont en relation d'inclusion.

1.5.1 Activités de régulation

A partir du constat de l'inadéquation des représentations des risques par les entrepreneurs et les experts en prévention, une première voie d'amélioration consiste à agir sur la représentation des entrepreneurs. Cette action appartient aux activités de régulation qu'effectuent les partenaires des PME en matière d'hygiène, sécurité et environnement, et notamment les actions de sensibilisation aux risques.

M. Favaro préconise de « favoriser l'émergence d'une « culture problème » pour la prévention ». En effet, compte tenu du contexte d'obligation juridique de prévention pesant sur les entreprises, il faudrait que s'instaure un processus d'apprentissage d'une dynamique sécuritaire progressivement indissociable de l'activité quotidienne de l'entreprise. Cependant, pour cela l'entreprise doit réellement admettre la sécurité comme un problème à prendre en compte et non plus comme l'imposition d'un point de vue extérieur. Aussi, au lieu d'axer leurs actions sur l'information, les divers acteurs de la prévention doivent-ils s'orienter vers une « problémisation ».

Différents enjeux de la sécurité peuvent ainsi être avancés comme la compétitivité de l'entreprise notamment par l'amélioration de la disponibilité ou la réponse aux exigences accrues au niveau des contrats, les donneurs d'ordre s'assurant de la fiabilité de leur fournisseurs et sous-traitants. Les accidents constituent également un risque pour l'entreprise elle-même, notamment du fait de la responsabilité civile et pénale du chef d'entreprise et du coût de plus en plus important des sinistres en raison de l'augmentation de la valeur des matériels. D'après les statistiques, 75% des entreprises ayant subi un gros sinistre ferment dans les quatre ans[11].

1.5.2 Activités d'instrumentation

Une seconde voie d'amélioration relative à l'inadéquation des représentations des risques par les entrepreneurs et les préventeurs, est d'adapter la représentation des préventeurs c'est à dire plus exactement l'approche qu'ils utilisent, lorsqu'ils construisent des outils en direction des PME.

M. Favaro préconise ici, d'intégrer la prévention à d'autres démarches mieux acceptées par la PME, telles que les démarches « qualité » ou les démarches « coûts » (évaluation des « coûts de la non sécurité »).
O. Torrès [TORRES 00] déclare que les PME sont, en quelque sorte, gouvernées par un principe de proximité. Nous en déduisons donc qu'un outil de prévention se prédestinant à ce type de structures doit également respecter ce principe. A ce titre, le retour d'expérience peut fournir les informations nécessaires à une adaptation des outils la plus proche du contexte des PME.
En ce qui nous concerne, nous proposons de prendre davantage en compte l'approche a posteriori qui caractérise la représentation des risques en PME, par l'intermédiaire du retour d'expérience.

En revanche, M. Favaro souligne que la majorité des PME n'ont pas la culture sécuritaire (ensemble des ressources, connaissances et valeurs partagées) nécessaire pour passer du niveau de régulation à celui d'instrumentation. Aussi, une forme d'accompagnement s'impose pour créer les conditions favorables au développement progressivement autonome d'une

[11] Propos tenus par P. Falotin lors de la session destinée aux PME pendant le colloque λμ 13, à Lyon le 19/03/02.

compétence et d'une pratique sérieuse, c'est à dire en capacité de traiter les vrais problèmes, d'analyse des risques.

1.5.3 Activités de structuration

Les voies d'améliorations possibles touchent directement au contexte des PME. Pour l'essentiel, les leviers d'action inhérents au contexte semblent sortir du champ de compétence dédié à l'hygiène, sécurité et environnement. Toutefois, L. Quezel-Ambrunaz introduit la notion de regroupement interentreprises, qui modifie certaines conditions de fonctionnement de la PME sans en bousculer les fondements.

Elle cite un certain nombre expériences, qui se sont soldées par des réussites ou des échecs, et dont elle tire les leçons. Elle remarque notamment que les initiatives nécessitent un porteur de projet, personne ou groupe s'investissant pour mener à bien le projet, dont l'origine figure en général parmi les cas suivants :

- un organisme d'Etat tel que la CRAM, soit par une action des chargés de prévention en collaboration avec ses partenaires publics, soit par le financement d'une action en collaboration avec un partenaire privé, ou encore la médecine du travail ;
- un donneur d'ordre exerçant une « pression » sur les PME ;
- des chefs d'entreprise, dans une initiative commune, d'une même activité, confrontés à des risques similaires.

Les critères de réussite font apparaître la localisation de l'action à un secteur géographique ou d'activité, le choix d'une profession souhaitant améliorer son image, le fait de travailler non seulement sur les risques liés à l'activité mais aussi à l'activité elle-même (par exemple pour la formation), et enfin la disponibilité d'une personne, qui soit l'interlocuteur des entrepreneurs et assure la coordination du projet.

Quant aux difficultés, elles concernent principalement l'attitude réservée des chefs d'entreprise, la difficulté d'apporter la preuve de la validité de l'investissement et enfin la disponibilité des médecins du travail ou des agents du service prévention des CRAM impliqués et souvent porteurs des projets.

CONCLUSION

Ce chapitre dresse un constat peu satisfaisant de la prévention dans les petits établissements industriels, attribué pour l'essentiel aux caractéristiques de ce type d'établissements. Leur effectif réduit n'impose pas une forte structuration, favorisant le contrôle direct par le chef d'établissement, une communication essentiellement informelle et un apprentissage par l'expérience associé à des connaissances tacites.

Le sous-groupe des PME nous permet de caractériser notre terrain d'étude mais celui-ci s'étend aux petits établissements industriels relativement autonomes en matière de maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement et présentant des lacunes importantes.

La faible spécialisation du personnel et en particulier du dirigeant, conduit ce dernier à se focaliser sur ce qu'il juge essentiel, généralement dans l'urgence et dans une optique à court terme. Ainsi, le dirigeant prend généralement ses décisions à partir d'éléments concrets et selon un processus intuitif et peu formalisé. D'autre part, la sécurité ne constitue pas une préoccupation essentielle, laissant la place à des contraintes plus immédiates de gestion et de production de l'entreprise.

Selon ce schéma, sa représentation des risques est de type a posteriori ; il considère que l'activité de son entreprise est sûre parce que les équipements sont certifiés conformes sur le plan de la sécurité et que les opérateurs mettent en œuvre de « bonnes pratiques ». La survenue d'un accident grave fait cependant apparaître la dangerosité de certains équipements, auxquels cas il apparaît alors nécessaire de rajouter des sécurités ou de former les opérateurs.

Différentes voies d'amélioration en matière de prévention sont néanmoins envisageables ; elles concernent les informations à apporter aux petits établissements, les outils ou encore la structure de abritant la prévention de l'entreprise. La sensibilisation des chefs d'établissement, notamment en leur faisant reconnaître la sécurité comme un réel problème de l'entreprise, l'intégration des outils de la sécurité à d'autres fonctions mieux reconnues, ou le regroupement d'entreprises pour partager la fonction de prévention, sont des propositions apportées par les auteurs d'études sur la prévention dans les petits établissements industriels.

En ce qui nous concerne, nous nous intéressons aux outils à proposer aux petits établissements en dirigeant nos efforts vers une meilleure prise en compte de la représentation des risques propre aux chefs d'établissement. Notamment, nous pensons que le recours au retour d'expérience peut favoriser la maîtrise des risques des petits établissements, à condition que sa mise en œuvre soit adaptée à leur contexte.

2 APPORT DU RETOUR D'EXPERIENCE A LA MAITRISE DES RISQUES

Nous avons souligné dans le chapitre liminaire, que le contexte législatif imposait aux entreprises de réaliser des analyses de risques. Cette obligation est ressentie de façon de plus en plus pressante, notamment dans les PME qui sont globalement peu impliquées dans les questions d'HSE et n'ont par conséquent pas toujours effectué d'analyse.

L'utilisation des outils d'analyse de risques existant repose en grande partie sur le principe du questionnement de l'utilisateur en regard de sa propre application.
Ceci nécessite de se représenter les processus de réalisation des accidents (reconnaissance a priori de sources de danger, de combinaisons de causes multiples, etc.), de connaître les mécanismes de production des phénomènes dangereux (par exemple, le mécanisme d'explosion d'un produit) et de disposer d'informations sur son installation.

Or, L. Gardes [GARDES 01] a notamment mis en évidence que les PME ne disposaient pas de ces connaissances, tout au moins sous une forme facilement exploitable pour l'analyse de risques.

Ce point s'applique également aux petits établissements industriels lorsque, simultanément :

- l'information qui y circule et son traitement sont essentiellement informels (connaissances tacites, communication informelle, prises de décisions intuitives et basées sur l'expérience),
- et que les questions d'HSE n'interviennent que sur un plan secondaire.

Or, le retour d'expérience constitue l'un des moyens de formaliser et de capitaliser l'expérience de terrain utile à l'analyse de risques.
Aussi, nous nous proposons d'utiliser le retour d'expérience pour recueillir cette expérience et l'organiser selon un modèle d'accident. Notre objectif est ainsi de constituer une bibliothèque de scénarios d'accidents, sur laquelle l'utilisateur pourra s'appuyer pour réaliser sa propre analyse de risques.

Avant d'aborder la réalisation concrète de cet outil, nous avons cherché à définir les caractéristiques de retour d'expérience que nous devions utiliser. Nous nous sommes appuyés pour cela sur la littérature relative au retour d'expérience et à l'analyse de risques.

Nous allons donc dans un premier temps définir ce qu'est le retour d'expérience, terme polysémique qui désigne suivant le contexte un concept, un ensemble de résultats, une démarche ou un dispositif. Nous montrerons que dans tous les cas, le retour d'expérience se caractérise par le fait qu'il s'applique à une expérience, par une certaine formalisation dans le cadre de l'entreprise et par ses finalités.

Dans un deuxième temps, nous examinerons à travers des exemples comment le retour d'expérience peut contribuer aux différentes phases du processus de maîtrise des risques, ce qui nous amènera naturellement à détailler ce processus. Notre objectif n'est pas de dresser un catalogue exhaustif de ce qui existe en matière de retour d'expérience et dans lequel nous aurions à choisir ce qui convient le mieux au PME, mais de définir les articulations du retour d'expérience en les illustrant par des exemples afin de mieux cerner ces articulations et de pouvoir les recombiner de façon appropriée.
Nous tenterons de montrer que, les principales caractéristiques qui permettent de définir un système de retour d'expérience, sont les suivantes :

- les processus de collecte et d'analyse des données;
- les expériences sur lesquelles porte le retour d'expérience.
- le type d'organisation qui le supporte, ce qui inclut le positionnement de l'entreprise dans le processus de retour d'expérience et le rôle des acteurs du retour d'expérience.

Après avoir examiné de manière approfondie ces caractéristiques, nous définirons donc les caractéristiques d'un dispositif de retour d'expérience qui nous semble applicable aux PME.

2.1 Retour d'expérience : définition générale

Le retour d'expérience étant au cœur de la problématique de cette thèse, sa définition s'impose. Les définitions du retour d'expérience sont cependant nombreuses, différentes natures lui étant notamment attribuées. A travers ces différentes natures, nous observerons le processus de retour qui caractérise l'expression. Nous aborderons ensuite le sens apporté à l'expression par le terme « expérience », la formalisation qu'il implique et les finalités de ce retour d'expérience. Nous définirons ainsi les limites de ce que nous désignons par cette expression largement vulgarisée mais aux limites aléatoires.

2.1.1 La nature du retour d'expérience

2.1.1.1 Un concept

En premier lieu, le retour d'expérience est un « concept » [BAUMONT 01] ; il désigne le fait de tirer de la connaissance des événements. Il se traduit ainsi par la transformation des données en information puis en connaissance. J-J. Lauly et J-P. Messina [LAULY 01] proposent le processus de transformation représenté sur la Figure 6.

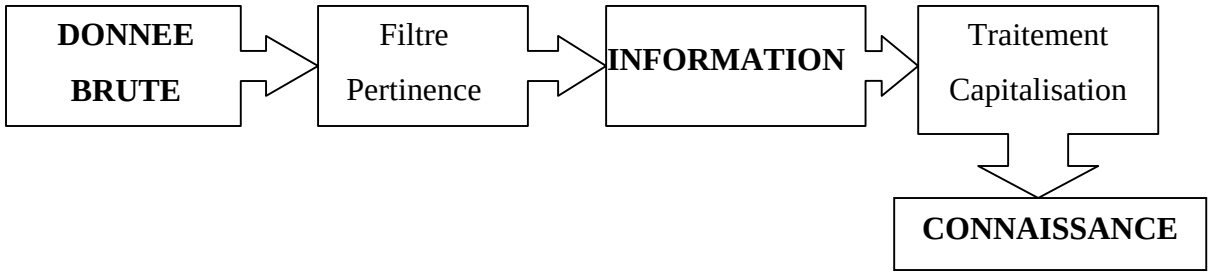


Figure 6 : Processus de transformation d'une donnée brute [LAULY 01]

Une **donnée** est définie par J. Mélèse [MELESE 79] comme « un enregistrement dans un code convenu par un groupe social de la mesure ou du repérage de certains attributs d'un objet ou d'un événement » (par exemple : la taille, le coût, la date, la tendance…). Les données brutes, « données collectées sur le site industriel », sont parfois distinguées des données élaborées, « résultant de l'analyse par l'expert et du traitement statistique des données brutes » [ISDF 91].

Pour J. Mélèse, « est **information** pour un être vivant (ou un automate) tout signal, tout message, toute perception qui produit un effet sur son comportement ou sur son état cognitif » (par exemple, en modifiant la représentation qu'il se fait d'un phénomène).

La **connaissance** est généralement moins clairement définie, bien que le problème de la nature de la connaissance « passionne philosophes et autres penseurs depuis des siècles » [BRUNET 94]. J-L. Ermine et al [ERMINE 96] définissent toutefois un système de connaissances « comme de l'information qui prend une certaine signification dans un contexte donné ».

Pour Koorneef et J. Kingston-Howlett [KOORNEEF 98], les données ne veulent rien dire telles quelles. Le fait qu'un indicateur de lampe soit rouge ne nous apprend rien. L'information est produite à partir des données par le fait de leur assigner une signification. Ainsi, les lumières rouges représentent souvent un signal d'alarme. Sur un tableau de bord, elles signifient que le moteur est en surchauffe et qu'il faut immédiatement arrêter la voiture ; sur un moniteur de chevet, elles signifient que le patient est en situation critique. La connaissance des significations des données sensibles au contexte fournit des règles pour donner une signification aux données, et donc pour générer de l'information qui peut être interprétée. La connaissance vient des leçons de l'apprentissage et de la diffusion des leçons apprises. **Le retour d'expérience est ainsi le processus qui consiste à exploiter les données (signaux a priori dépourvus de sens) accessibles par l'expérience pour obtenir les connaissances qui nous sont utiles.**

2.1.1.2 Un résultat

Le retour d'expérience est également défini comme « le gain à tirer de la connaissance a priori du résultat d'une action déjà vécue, moyennant la connaissance du contexte » [LEROY 01], c'est à dire le résultat de la mise en œuvre du concept précédent.

2.1.1.3 Une démarche

Un grand nombre de définitions [VEROT 99], [LAULY 01] présentent le retour d'expérience comme une « **démarche** » qui consiste en différentes étapes permettant l'obtention de ce résultat.

Selon J-J. Lauly et J-P. Messina [LAULY 01], il existe un désaccord sur l'étendue des étapes du retour d'expérience. Certains limitent le retour d'expérience au recueil et à la capitalisation

de données brutes. D'autres rajoutent l'analyse de données aux étapes précédentes et enfin pour les derniers, le retour d'expérience comprend :

- le recueil des données brutes,
- leur analyse,
- le traitement de l'information issue de cette analyse,
- sa transmission et son exploitation par les personnes concernées.

2.1.1.4 Un dispositif

Enfin, le retour d'expérience est associé au « dispositif » [MONTEAU 95], à « l'ensemble des moyens mis en place afin de conserver ***formellement*** les connaissances issues de l'analyse du fonctionnement réel du système, et permettre leur exploitation » [ABRAMOVICI 99].

Le système de retour d'expérience du Parc Nucléaire d'EDF est souvent pris comme référence. Nous allons décrire dans ses grandes lignes celui mis en place sur le site de Bugey[12] concernant les incidents et presqu'accidents, pour illustrer l'ampleur de l'organisation et des moyens susceptibles d'être impliqués dans le retour d'expérience (des détails supplémentaires sont disponibles en annexe).

Lorsqu'un événement touchant la sûreté ou la sécurité[13] se produit, une fiche REX est remplie par un correspondant REX de niveau ingénieur ou contre-maître principal, identifié et formé, avec les personnes qui ont subi l'événement. Chaque agent a un devoir d'alerte et est tenu d'alerter le correspondant REX de son service. C'est à ce dernier qu'appartient la décision d'analyse ; si l'événement est pris en compte, le correspondant REX remplit une fiche de la base de données SAPHIR propre au site, sous le contrôle de l'animateur du retour d'expérience du site. Des directives nationales décrivent les incidents significatifs pour la sûreté qu'il est obligatoire de saisir.

Si l'événement est interne au service, l'analyse est faite par le service. S'il est transverse, elle est faite par un groupe de travail, le Groupe Technique. Ce groupe est majoritairement composé par les correspondants REX des services et son président est le directeur du site ou un sous-directeur ; l'apport technique est fait par tous mais la décision est prise par une seule

[12] Propos issus d'un entretien avec J. Lesaffre, chargé de l'animation du retour d'expérience pour le Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Bugey Energie (31/05/1999).

[13] La sûreté se rapporte ici à la maîtrise des risques liée aux installations nucléaires et la sécurité à la maîtrise des risques pour le personnel.

personne. L'analyse causale est effectuée à partir de méthodes classiques telles l'arbre des causes ou par la méthode décrite par le guide d'analyse d'un événement de la Mission Sûreté Qualité. A partir de celle-ci sont définies des solutions correctives, qu'il faut alors valider par rapport au référentiel défini par la loi et à celui défini par les instances de l'entreprise et faire la preuve de l'intérêt de la solution apportée.
Une commission d'examen des situations (COMEXSI) réunit tous les deux mois l'ensemble des correspondants REX ; une liste de tous les événements analysés est envoyée avant la commission et chacun d'eux y est abordé.
Au fur et à mesure des étapes, le correspondant REX du service impliqué saisit les données utiles dans la base de données SAPHIR locale, par l'intermédiaire d'écrans de saisie du factuel et des écrans d'analyse. Il existe différents états (partiel, vérifié, terminé, bon à diffuser) ; lorsque l'état « bon à diffuser » est atteint, la fiche est versée dans la base de données SAPHIR nationale, consultable par tous les sites.
De la même façon, il existe une transition du niveau local au niveau national en ce qui concerne les instances ; la concertation inter départements (CID) est l'équivalent au niveau national de la COMEXSI sur les sites. Elle envoie toutes les semaines un compte rendu sur les événements de niveau national et international. Enfin, au niveau international la World Association of Nuclear Operators (WANO) regroupe tous les producteurs d'électricité d'origine nucléaire.
L'exemple que nous venons de développer est certes particulier, mais il illustre bien cette caractéristique du retour d'expérience qui est de faire appel à des niveaux de traitement et d'exploitation des données reliés par un dispositif plus ou moins complexe de transfert d'information et de décision.

Terme polysémique ou abus de langage, pour plus de clarté nous retiendrons l'acception selon laquelle **le retour d'expérience est une démarche qui répond à l'objectif de tirer de la connaissance à partir de l'analyse d'événements par l'intermédiaire d'un dispositif formel.** Cette définition fait la synthèse des différents points de vue sur le retour d'expérience évoqués jusqu'à maintenant qui, loin d'être exclusif se trouvent associés de façon complémentaire.

Nous nous sommes principalement intéressés au caractère rétrospectif lié au processus et traduit par le mot ***retour***. La transformation des données en connaissances renvoie également à l'***expérience*** sur laquelle s'effectue ce retour. L'importance de ce terme est aussi grande que

celle de retour ; il relie le retour d'expérience à un événement vécu, c'est à dire non seulement passé mais ancré dans la réalité.

2.1.2 L'expérience en question

Le Petit Robert (1993) définit une expérience comme un « événement vécu par une personne, susceptible de lui apporter un enseignement ». L'expérience étant vécue, l'information qui en est issue a la caractéristique d'être réelle par opposition au prescrit, mais aussi celle d'être perçue par un individu; pour Dewey [cité dans THERRIEN 98], « chaque expérience est le résultat de l'interaction entre un être vivant et certains aspects du monde qui l'entoure ». Aussi, que l'on fasse appel à ce que l'on a mémorisé d'une expérience passée ou que l'on prélève des informations à partir d'une expérience que l'on est en train de vivre, l'utilisation explicite de l'expérience n'est pas une opération triviale ; elle demande un certain recul et une maîtrise de l'objectif de cette utilisation. L'utilisation implicite des expériences se fait plus naturellement par notre système cognitif, selon un apprentissage par essai-et-erreur et constitue l'« expérience » de l'individu. Or, en matière de retour d'expérience (et dans le contexte industriel qui est le notre) nous ne nous situons plus au niveau de l'individu mais du collectif ; il s'agit de partager l'expérience des individus pour le collectif ou mettre en commun l'expérience vécue par un ensemble d'individus au bénéfice de chaque individu comme du collectif. La formalisation devient alors nécessaire, d'une part pour mettre en commun de l'information et d'autre part pour faire partager l'objectif du collectif par l'ensemble des individus.

2.1.3 La formalisation

La formalisation semble donc être une caractéristique du retour d'expérience. Elle apparaît en premier lieu lors du recueil d'information, lorsque le rapporteur traduit les connaissances tacites qu'il retire de l'expérience qu'il a vécue, en connaissances explicites.

Aussi, comment considérer la charge émotionnelle qui accompagne les accidents graves ? Elle constitue une information tacite qui garde toute sa valeur sous cette forme : « Si la terreur panique précipite dans la déraison, l'angoisse éclairée mène à la libération par la raison. » [JASPERS dans LAGADEC 81]. J. Pariès [PARIES 99] ajoute qu'il est important de s'intéresser aux crises graves, bien qu'il soit particulièrement difficile de collecter de l'information et qu'il y ait peu de chance qu'elles ne se reproduisent, car elles provoquent une déstabilisation générale qui fournit l'occasion d'apporter des modifications au système. Notre position est de considérer qu'il ne s'agit pas véritablement de retour d'expérience dans le sens

d’une démarche d’analyse de la situation dont le but est de tirer quelque enseignement, mais plutôt d’une réaction spontanée post-accidentelle de l’organisation. Ce type de réaction s’apparente, d’ailleurs, à l’approche a posteriori des entrepreneurs de PME ; nous pensons qu’il est utile de la mentionner afin de clarifier ce que nous entendons par retour d'expérience.

La formalisation apparaît également à travers le dispositif nécessaire à la mise en œuvre de la démarche. Le retour d'expérience n’est pas nécessairement formel ; il existe vraisemblablement des retours d'expérience spontanés dans toute entreprise à l’occasion de circonstances particulières. En revanche, l’institution d’un retour d'expérience pérenne et profitable à l’entreprise dans son ensemble nécessite une organisation et une politique formelles prônant la participation au retour d'expérience.

La formalisation est donc un moyen permettant la mise en partage de l’expérience ; elle devient une caractéristique du retour d'expérience, lui faisant bénéficier de ses atouts (l’explicitation des représentations permet la compréhension et la discussion) mais aussi ses limites (perte d’informations, lourdeur du système).

2.1.4 Les finalités du retour d'expérience

Les finalités du retour d'expérience se répartissent selon trois niveaux : prendre conscience, comprendre et apprendre, au sens d’intégrer les enseignements à ses schémas de pensée.

Au niveau de **la prise de conscience**, l’information utile est l’occurrence même de l’événement. On se trouve dans le cas de la surprise profonde que décrit J. Reason [REASON 93], alors que l’on n’envisageait nullement tel événement, ou encore dans le cas de l’amélioration continue, un événement venant confirmer ou infirmer l’amélioration effective.

Lorsque le retour d'expérience est utilisé pour **comprendre**, l’information utile se situe dans l’analyse de l’événement avec l’identification des sources, des causes, des processus, des conséquences et autres caractéristiques. Ce niveau de finalité du retour d'expérience correspond à l’élaboration de modèles, il est également un point de départ utile pour le raisonnement par analogie.

L’**apprentissage** est le troisième niveau de finalité du retour d'expérience et c’est sans doute là qu’il prend tout son sens. C. Argyris [ARGYRIS 95] décrit l’apprentissage comme « le fait

de détecter et corriger une erreur » ou « d'obtenir pour la première fois une concordance entre une intention et son résultat ». Prises au niveau de l'entreprise et non du seul individu, ces deux fonctions peuvent en effet être attribuées au retour d'expérience.

Acceptant l'idée universelle selon laquelle tout apprentissage contient des séquences d'« essai-et-erreur », G. Bateson[14] [cité dans MELESE 79] ordonne les processus d'apprentissage en fonction d'une classification hiérarchisée des types d'erreurs qui sont à corriger. Pour commencer, l'apprentissage zéro correspond à la simple réception d'une information provenant d'un événement extérieur, d'une façon telle qu'un événement analogue, se produisant à un moment ultérieur et approprié, transmette la même information : « par la sirène de l'usine, j'apprends qu'il est midi ».

- « L'apprentissage zéro sera donc une désignation de la base immédiate de tous ces actes (simples et complexes), qui ne sont pas susceptibles d'être corrigés par le processus d' « essai-et-erreur ».
- L'apprentissage I sera la dénomination appropriée pour la révision du choix dans le cadre d'un ensemble inchangé de possibilités.
- L'apprentissage II correspondra à la révision de l'ensemble à l'intérieur duquel le choix est fait, et ainsi de suite. »

Le retour d'expérience peut ainsi conduire à ces différents types d'apprentissage. Compte tenu du coût du retour d'expérience inhérent à la formalisation de la démarche, un résultat proportionnel est généralement attendu pour justifier l'utilisation de ressources ; par conséquent, un apprentissage correspondant à des changements en profondeur est souvent attendu du retour d'expérience.

2.1.5 Positionnement par rapport aux petits établissements industriels[15]

L'utilisation du retour d'expérience dans la maîtrise des risques est essentiellement attribuée aux « secteurs qui doivent gérer des risques importants » [BAUMONT 01]. J-L. Nicolet, A. Carnino et J-C. Wanner [NICOLET 89] considèrent quant à eux que « La maîtrise de nos

[14] G Bateson, Vers une écologie de l'esprit, Editions du Seuil, Paris, 1977.

[15] Par « petits établissements industriels » nous désignons de façon abrégée les petits établissements industriels de notre terrain d'étude, à savoir les PME et les autres petits établissements présentant des caractéristiques similaires en matière de maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement.

grands systèmes passe par la mise en place d'organisations capables de détecter, d'analyser, d'archiver, de corréler tous les précurseurs, tous les dysfonctionnements, toutes les erreurs survenant ou commises ça et là, même et surtout s'ils paraissent anodins. Il s'agit d'identifier leur nature, leur origine, leur fréquence, les facteurs aggravants ou inhibants, ainsi que les conséquences potentielles et réelles pour l'organisme, les hommes et l'environnement. ». Nous observons, en effet, qu'un grand nombre d'ouvrages et publications relatifs au retour d'expérience concernent des secteurs tels que le nucléaire, l'aéronautique, les transports ferroviaires ou la chimie.

Les petits établissements industriels pris en considération peuvent appartenir à des secteurs à risques, en revanche, ils échappent à la notion de « grands systèmes » dans lesquels la maîtrise des risques est structurée et formalisée (il s'agit du critère essentiel de sélection de notre terrain d'étude).
Les dispositifs établis dans ces systèmes ne se prêtent donc pas au contexte défini dans le premier chapitre. Toutefois, le fait de tirer des enseignements à partir d'expériences ne se limite pas aux grands systèmes à risques et les finalités du retour d'expérience sont a priori propices à l'amélioration de la maîtrise des risques quelle que soit la configuration de l'entreprise concernée. Il est donc raisonnable de penser qu'entre le concept de retour d'expérience et les dispositifs existant dans les grandes entreprises, il existe certainement un niveau transposable aux petits établissements industriels.

C'est ce niveau que nous cherchons à identifier de façon à bénéficier des avancées des grands systèmes tout en l'adaptant au contexte des petits établissements. Pour cela, nous partons du principe qu'un outil est conçu de telle sorte qu'il réponde à un objectif. Les dispositifs de retour d'expérience existant correspondent donc à des objectifs de retour d'expérience. Ces objectifs sont eux-mêmes issus de besoins de la maîtrise des risques puisqu'elle constitue l'objet sur lequel porte le retour d'expérience dans notre problématique.

Notre démarche consiste à identifier les besoins de la maîtrise des risques en matière de retour d'expérience. Si des besoins existent, quels sont alors les apports du retour d'expérience à la maîtrise des risques ? La réponse à cette question permet de déterminer les objectifs à assigner au retour d'expérience. Les caractéristiques des dispositifs permettant de satisfaire à ces objectifs, constitueront alors le niveau intermédiaire que nous recherchons. Enfin, nous nous inspirerons des solutions qu'ont développés les grands systèmes, pour qualifier les

caractéristiques des dispositifs susceptibles d’être mis en œuvre dans les petits établissements industriels.

Nous allons donc maintenant examiner en quoi consiste la maîtrise des risques, quels sont ses objectifs et ses processus. Nous pourrons alors associer aux différents aspects de la maîtrise des risques, différents types de retour d'expérience dont nous rechercherons les objectifs et en définitive les caractéristiques utilisables par les petits établissements industriels.

2.2 Les besoins en retour d'expérience au sein de la maîtrise des risques

Le retour d'expérience est généralement considéré comme un outil de la maîtrise des risques. Sans remettre en cause cette proposition, nous présentons la maîtrise des risques comme le domaine sur lequel porte la démarche de retour d'expérience afin de mettre en évidence les différents objectifs des dispositifs de retour d'expérience.

2.2.1 Des risques à la maîtrise des risques

Le risque[16] est souvent associé à toute activité humaine et se situe donc à de nombreux niveaux de l'entreprise. La première distinction faite parmi les types de risques concerne les risques spéculatifs et les risques purs [AMRAE 00]. Dans le premier cas, la prise de risque est consciente et a pour objet d'engendrer un profit ; il s'agit par exemple d'investir des capitaux dans une nouvelle usine ou de lancer un nouveau produit. En ce qui nous concerne, nous ne nous intéressons qu'à la seconde catégorie, les risques purs ; ceux-ci traduisent l'éventualité d'un événement dont la survenance entraîne une perte pour l'entreprise. Cette définition correspond encore à une grande variété de risques pour l'entreprise au sein de ses diverses activités.

La maîtrise des risques est censée répondre à cet ensemble de risques. Cependant compte tenu de l'hétérogénéité de cet ensemble et vraisemblablement en raison de la sectorisation des activités de la grande entreprise, la maîtrise des risques est souvent scindée en deux approches distinctes l'une financière et l'autre relative à la protection des personnes, du milieu naturel et des biens. C'est principalement à cette dernière sous-catégorie que nous nous intéressons. Nous soulignons toutefois, que la prise en compte globale des risques est généralement préconisée dans le contexte des PME[17].

Nous nous situons donc dans une problématique de maîtrise des risques pour les personnes, le milieu naturel et les biens, d'une entreprise. D'après J-L. Vollot et J-F. Barbet [VOLLOT 96], la maîtrise des risques est l'ensemble des actions qu'implique une attitude responsable (par opposition au désespoir et au fatalisme) devant une situation où les

[16] Voir la définition dans le chapitre liminaire.

[17] Voir « L'audit de vulnérabilité de la P.M.E. », chapitre 4.

événements imprévus ou imprévisibles se manifestent de plus en plus fréquemment, dans notre monde en évolution accélérée.

Décrire cet ensemble d'actions n'est pas une chose aisée, d'une part parce que le domaine de la maîtrise des risques est vaste, et d'autre part parce que cet ensemble varie, dans les faits, d'une entreprise à l'autre.

Aussi, nous adopterons une conception idéalisée de la maîtrise des risques obtenue à partir des ouvrages de différents auteurs. Ces auteurs nous fournissent des connaissances théoriques et pratiques appartenant à la Science du danger[18], généralement inspirée de la mise en œuvre de la maîtrise des risques dans de grandes entreprises.
En l'absence d'un consensus établi, nous proposons de décrire les actions de maîtrise des risques en référence aux acteurs impliqués dans le processus. Nous définirons ensuite les apports du retour d'expérience pour accomplir ces actions.

Un système, complexe comme un établissement industriel ou limité à un investissement mis en place par un industriel, correspond à un besoin défini par un décideur (chef d'entreprise, etc.). Son architecture, sa composition et ses règles d'utilisation sont définies par un concepteur (bureau d'études, etc.). La réalisation est faite par des fournisseurs (entreprises, etc.). La mise en œuvre et l'exploitation sont assurés par des opérateurs (ouvriers, utilisateurs, etc.). D'autre part, la formation joue un rôle important dès que les procédures sont mises en œuvre par les opérateurs. [IDSF 00]

Il nous semble suffisant pour notre projet d'associer ces acteurs à trois catégories d'actions relevant de la maîtrise des risques :

- les actions relatives à la prise de décision au niveau stratégique et tactique de l'entreprise et à sa gestion,
- les actions relatives à la conception et à l'élaboration des matériels et produits,

[18] Le groupe MADS (Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes) [MADS 01] observe dans les milieux socio-professionnels « une grande diversité dans les modes d'appréhension du danger selon que l'intérêt est centré sur l'homme, sur la population, sur la nature ou sur le patrimoine ». Il propose de définir « une problématique commune aux différents modes d'appréhension du danger susceptible de faire émerger un nouveau champ de connaissances : la Science du Danger ». La science du danger est alors « le corps de connaissances qui a pour objet d'appréhender les Evénements Non Souhaités ».

- les actions relatives aux opérations proprement dites d'exploitation, de maintenance, etc.

Nous qualifions le premier type d'actions de **gestion des risques**. Celle-ci est une fonction de l'entreprise qui consiste à prévoir l'organisation à partir de laquelle se prendront les décisions propres à maîtriser les risques.

Le deuxième type d'actions (que nous regroupons sous le terme de **sécurité intrinsèque**) est extérieur aux acteurs de l'entreprise concernés par les risques. Il concerne les concepteurs, constructeurs et/ou fournisseurs des installations et produits utilisés dans l'entreprise. Il s'agit d'un pan important de la maîtrise des risques auquel participent de nombreuses disciplines telles que la sûreté de fonctionnement, l'ergonomie, la fiabilité humaine, etc.. Ces actions visent à augmenter la sécurité intrinsèque des équipements, et à réduire la dangerosité des produits.

Le troisième type d'actions a trait à ce que nous qualifierons de sécurité opérationnelle. L'opérateur est toujours confronté à des situations dans lesquelles son action est déterminante dans la réalisation ou non de l'événement non souhaité, bien que le niveau de risque se trouve largement conditionné par la sécurité intrinsèque des matériels et produits utilisés et par les facteurs organisationnels résultant des actions de gestion des risques.
Si la maîtrise des risques est littéralement imbriquée dans l'activité générale de l'entreprise, cette imbrication est particulièrement étroite dans le cadre des actions que nous attribuons à la « sécurité opérationnelle ». A. Didelot [DIDELOT 02] souligne l'existence d'un écart entre le fonctionnement prévu et le fonctionnement réel de l'entreprise soumise à différents aléas et dysfonctionnements. Nous désignons alors par « sécurité opérationnelle » l'ensemble des actions effectuées en exploitation par les opérateurs pour maintenir le bon fonctionnement des installations dans de telles conditions ; la distinction formelle entre la part de l'activité contribuant à la maîtrise des risques et celle contribuant à la production est illusoire. A. Didelot [DIDELOT 02] définit en particulier des « activités limites tolérées à l'usage [qui sont] des activités palliatives [développées par les opérateurs] qui, si elles sont bénéfiques du point de vue de la production, impliquent cependant un risque, car elles s'accompagnent généralement d'un dépassement du cadre prescrit (non respect des procédures, neutralisation de sécurité…) ». L'action de l'opérateur constitue alors souvent la dernière barrière avant l'accident.

Ce niveau de maîtrise des risques est relativement peu maîtrisé sinon par le bon fonctionnement des précédents types d'actions de maîtrise des risques et l'établissement d'une culture de sécurité. A titre d'exemple, la définition de procédures est une action de gestion des risques mais leur application effective est du niveau de la sécurité opérationnelle.

2.2.2 Gestion des risques

Les connaissances disponibles sur la gestion des risques sont relativement bien cernées [LOUISOT 00], [VOLLOT 96], [AMRAE 00].

J-P. Louisot [LOUISOT 00] définit la gestion des risques comme « un processus matriciel itératif de prise de décision et de mise en œuvre des instruments qui permettent de réduire l'impact des événements de rupture interne ou externe pesant sur toute organisation. Le processus de décision comporte trois étapes, diagnostic, traitement et audit. La mise en œuvre suppose que le gestionnaire de risques assume les quatre composantes de toute fonction de direction. »

Quelles que soient les actions de maîtrise des risques, elles entrent toujours en compétition avec la production soit parce qu'elles consomment des ressources soit parce qu'elles introduisent des limites ou des gênes aux actions de production.
La gestion des risques est à la base des choix de l'entreprise en matière de maîtrise des risques à travers la politique de la direction. De cette politique dépendent directement les ressources financières accordées aux dispositifs de sécurité, intégrés ou non à la conception, ainsi que l'organisation des ressources humaines. Indirectement l'implication de la direction est déterminante sur l'importance accordée à la sécurité par les opérateurs. Si la direction ne met en avant que des objectifs de productivité, les opérateurs ne mettront pas en œuvre des actions qui n'entrent pas forcément dans leur appropriation du travail et sont rarement en faveur de la productivité.

Or, d'après J. REASON [REASON 97], c'est seulement après un accident ou un presqu'accident que la sécurité devient, pour une courte période, plus importante que la production dans l'esprit de ceux qui gèrent l'organisation. Tous les managers conviennent de l'importance de la sécurité, sur le long terme. C'est sur le court terme que le conflit intervient lorsqu'il s'agit de respecter un délai ou une autre contrainte opérationnelle.

A ce niveau global de la gestion des risques, le retour d'expérience peut déjà apporter un certain poids en faveur de la sécurité par rapport à la production, dans la politique de l'entreprise et sa mise en œuvre effective. Il permet notamment d'évaluer le retour sur investissement des barrières mises en place, de cibler des objectifs et d'allouer des ressources à partir de données objectives. Pour permettre de suivre l'évolution de la maîtrise des risques dans l'entreprise, le retour d'expérience doit être continu et fournir des bilans globaux basés sur des paramètres pertinents pour le décideur. D'autre part, la prise de décision au plus haut niveau doit également être influencée par un retour d'expérience plus discontinu relatif aux accidents ou presqu'accidents qu'ont subis son entreprise et celles d'activité similaire.

Des retours d'expérience analogues sont utiles lorsque l'on rentre dans les différentes étapes de la gestion des risques. La première étape est dénommée par J-P. Louisot « diagnostic des vulnérabilités », une vulnérabilité étant la résultante de la présence conjointe de points dangereux et de points névralgiques [AMRAE 00]. Nous distinguons au sein de cette étape une phase de **veille**, permanente et dont l'objectif est de mettre en évidence des situations problématiques, et une phase d'**analyse**, ponctuelle et destinée à identifier et évaluer les risques. Le **traitement** des risques se déduit de cette analyse et consiste en la détermination des actions de prévention ou de protection et leur mise en œuvre. Enfin, l'**audit** permet de vérifier que les risques identifiés sont maîtrisés.

2.2.2.1 Diagnostic des vulnérabilités

La **veille** peut être de nature prospective ou consister à suivre des indicateurs. La veille prospective nécessite une organisation à l'écoute des actions voire des décisions prises en interne (par exemple, commande ou implantation d'équipement) comme dans l'environnement de l'entreprise (évolution de la réglementation, accidents d'entreprises concurrentes, etc.). Le retour d'expérience peut intervenir dans le processus de veille, dont l'objectif est de détecter une information pertinente, lorsque cette information est relative à des événements dont les enseignements peuvent être profitables à l'entreprise. Inversement un retour d'expérience doit être prévu dès le lancement d'un projet afin d'en garder une trace réutilisable [POMIAN 96]. Il s'agit dans les deux cas de retour d'expérience ponctuel, s'intéressant de façon détaillée à un événement déterminé.

Les dérives de différents types d'indicateurs ou de paramètres peuvent être utilisées en fonction du besoin que l'on a identifié.

- Pour cibler les objectifs de l'entreprise, la situer par rapport à la profession, on peut utiliser des taux de fréquence et gravité générés à partir du suivi statistique des accidents.
- Lorsque les accidents et incidents graves se raréfient au point de démunir les décideurs d'information de « pilotage de la sécurité », le suivi de l'évolution des incidents mineurs fournit des indications sur la dérive globale du système [AMALBERTI 99]. R. Amalberti et C. Barriquault proposent d'utiliser ce type de retour d'expérience comme un « thermomètre ».
- La gestion et l'optimisation de la maintenance s'appuient sur des modèles de comportement des matériels dont les paramètres font intervenir les taux de défaillance de ces matériels. Or ces taux sont de meilleure qualité s'ils proviennent de l'observation des matériels concernés en exploitation que s'ils sont issus de banques de données réalisées avec des matériels et des environnements vraisemblablement différents.

Dans ce cas, l'objectif du retour d'expérience est de fournir une information continue et obtenue à partir de statistiques d'un ensemble d'événements.

L'**analyse de risques** consiste à identifier les processus de danger et évaluer les risques qu'ils représentent. Elle se base principalement sur les causes et les effets d'événements non souhaités. Le groupe MADS désigne par événements non souhaités « les phénomènes susceptibles de provoquer des effets non souhaités sur l'individu, la population, l'écosystème, l'installation » [MADS 01].

Les accidents sont définis comme des «événement[s] ayant eu des répercussions sur la sécurité des personnes, un impact sur l'environnement, ou ayant entraîné la perte d'une fonction principale du système » [ISDF 94]. Ils constituent donc bien des événements non souhaités.

A ce titre, l'analyse des accidents (assimilée au retour d'expérience sur accident) permet d'enrichir l'analyse de risques. Elle est particulièrement riche puisqu'elle dispose de l'ensemble des facteurs, formels et informels, participant aux processus quand l'analyse de risques n'a accès qu'à des hypothèses mais aussi parce qu'elle bénéficie de l'effet moteur de l'événement : « les personnes comme les groupes sont infiniment plus productifs quand on les fait réfléchir sur l'expérience concrète ; ce qui est souvent rejeté comme totalement irréaliste, en situation de simulation, ne l'est plus lorsqu'il y a eu événement réel » [LAGADEC 95].

L'étude des accidents intervient dans l'analyse de risques à la fois dans la **création des modèles des processus** de danger sur lesquels se fonde l'analyse de risques de façon explicite [KERVERN 95] ou implicite (à travers l'expérience des experts), et dans le déroulement de l'analyse.

Au niveau des modèles, M. Abramovici [ABRAMOVICI 99] décrit le développement de l'approche organisationnelle (qui a fait suite à une conception technique de la maîtrise des risques, puis centrée sur l'erreur humaine) comme une conséquence de l'étude d'accidents. Elle note que « Les appels à la prise en compte de l'organisation dans les méthodes d'analyse de risques prennent toute leur force dans les années 1990, après les accidents de Tchernobyl et de Challenger[19] qui ont mis en évidence l'importance des facteurs organisationnels dans les accidents. ».

Ce type de retour d'expérience est particulièrement développé pour les accidents majeurs[20] qui remettent en question les pratiques de maîtrise des risques au niveau des représentations [PERROW 84], voire au niveau politique [LAGADEC 80] ; les accidents sont alors analysés en profondeur par de nombreux auteurs, selon différents points de vue.

Les apports du retour d'expérience sont également nombreux au cours de l'analyse proprement dite. Concernant l'identification des dangers et de leur processus, J-L. Vollot et J-F. Barbet [VOLLOT 96] distinguent deux types de méthodes :

- « les méthodes dites inductives (du particulier au général) qui, à partir d'un recensement de faits initiateurs possibles, analysent leurs effets pour savoir s'ils constituent des risques ;
- les méthodes dites déductives (du général au particulier) qui, à partir d'un recensement d'événements redoutés, recherchent leurs causes éventuelles et la possibilité de manifestation de ces causes. ».

Parmi les méthodes inductives, ces auteurs citent la liste de contrôle (check-list, établie a priori pour un domaine donné), l'analyse préliminaire des dangers (APR) ou encore l'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC). Ces deux dernières méthodes fournissent à l'utilisateur l'enchaînement causal (à travers les colonnes d'un tableau) lui permettant à partir de la représentation de son système de rechercher les faits

[19] 26 Avril 1986 et 28 Janvier 1986.

[20] Définition selon directive SEVESO II

initiateurs et d'identifier leurs effets. Dans tous les cas, l'efficacité de la méthode « repose sur le niveau d'exhaustivité du recensement » et donc sur l'enrichissement de l'expérience, soit pour constituer la liste de contrôle, soit pour remplir les tableaux. Ainsi, le retour d'expérience permet alors d'étendre l'expérience de l'individu en lui faisant partager celle d'autrui. Son objectif est de fournir une information complète et en profondeur au cas par cas que chacun (ou des personnes désignées) puisse s'approprier. Il permet notamment de restituer des processus physiques, indiquer les facteurs aggravants ou inhibant, etc., en particulier d'événements qui se produisent dans des entreprises de même activité. D'autre part, en fournissant des éléments concrets, le retour d'expérience étaye les différentes hypothèses.

Les méthodes déductives citées par les auteurs sont les diagrammes causes/effets (Ishikawa) et les arbres de défaillances, les premiers organisant les causes conduisant à l'événement non souhaité de façon thématique (méthodes, main-d'œuvre, milieu, matériaux, moyens) et les seconds de façon logique (logique Booléenne). Dans ce contexte, l'expérience peut également être enrichie par le retour d'expérience. Ce type de méthode est également utilisé pour analyser les accidents dans une démarche a posteriori. Il existe alors une relation évidente entre l'analyse a priori d'un événement redouté et celle d'accidents qui constituent des réalisations de cet événement. Le retour d'expérience sur accidents, presqu'accidents ou incidents permet ainsi d'identifier de nouvelles causes, concrètes et fidèles à l'évolution de l'entreprise. Il peut consister à étudier au cas par cas différents incidents mais aussi à rechercher des effets de tendances pour dégager des facteurs causaux. Dans ce dernier cas, F. Favre [PARIES 99] évoque l'exemple des « avions qui rencontrent les oiseaux ». Ce phénomène est normal mais « Si l'on enregistre tous les endroits où les avions rencontrent des oiseaux, on peut s'apercevoir que, sur tel aéroport, la fréquence de ce type d'incident est plus élevée qu'ailleurs [… ce qui peut traduire] une mauvaise prévention contre les risques aviaires. ».

Cette approche statistique et quantitative du retour d'expérience est particulièrement utile pour évaluer les risques identifiés. L'étape précédente permet en effet d'obtenir une liste de risques identifiés par leur origine et leur effet ; il faut les hiérarchiser pour proportionner l'effort au résultat attendu [VOLLOT 96]. L'évaluation se fait généralement en termes de gravité et de probabilité.

La connaissance des fréquences d'occurrence des causes d'un événement non souhaité permet d'évaluer la probabilité qu'il a de se réaliser. Ceci implique une identification précise des causes et un relevé exhaustif de leurs occurrences.
Concernant les effets, des modèles des phénomènes physiques impliqués dans l'événement non souhaité peuvent être utilisés. Il n'est alors pas rare d'avoir recours à des données issues d'accidents réels pour créer ces modèles, les calibrer ou plus généralement pour les valider. En matière d'explosion par exemple, les essais en grandeur réelle sont très coûteux et donc rares.

2.2.2.2 Traitement

L'objectif de l'analyse de risques est de donner des éléments pour définir les traitements adaptés pour maîtriser les risques.

La **prévention** vise à réduire la probabilité d'occurrence des événements non souhaités en agissant sur leurs causes potentielles. Parallèlement, la **protection** consiste à limiter les impacts des événements non souhaités sur d'éventuelles cibles. Dans les deux cas de nombreuses barrières sont envisageables ; J. Valancogne et J-L. Nicolet [VALANCOGNE 02] distinguent les barrières passives (présentent en permanence) des barrières actives (se fermant ou s'ouvrant à la sollicitation), elles-mêmes réparties en barrières technologiques, procédurales ou humaines (l'homme doit agir conformément à des instructions prédéfinies) ou mixte (l'homme vient en complément d'un dispositif technique pour agir ou rétablir une situation sécuritaire). Les systèmes existant possèdent des barrières qui peuvent être utilisées directement ou dont le principe peut favoriser un raisonnement par analogie. Le retour d'expérience axé ou comportant des informations sur les barrières permet de centraliser l'information ; au lieu de « réinventer la roue », il sert de référence pour reproduire ou innover. Cependant son véritable apport est de fournir une mesure de l'efficacité des barrières. L'« effet palier » appliqué dans les centrales nucléaires est un exemple d'application du retour d'expérience au niveau des traitements. Si une défaillance est détectée sur un élément important d'une centrale (par exemple, la fissuration du dôme), cet élément est remplacé ou traité de façon préventive dans les centrales de même conception (en général, de même palier de puissance).

La **prévision** prévoit les organisations et moyens pour combattre ou se dégager du sinistre qui arriverait malgré tout à se produire. D'une part, il est impossible de prévoir avec exactitude

les effets des sinistres soumis à des circonstances particulières (conditions météorologiques, moment et lieu du déclenchement, fonctionnement dégradé de certaines barrières, etc.). La législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) demande que soient définis les scénarios majorants sur la base desquels les moyens à leur opposer doivent être prévus. L'ajustement des moyens demande cependant de l'expérience acquise par la confrontation à d'autres sinistres ou simulations dont on aura su tirer les enseignements. D'autre part, les sinistres conduisent généralement à des situations de crise, particulièrement difficiles à gérer. P. Lagadec [LAGADEC 94] souligne l'intérêt du retour d'expérience pour faire progresser les capacités de gestion de crise : « A partir d'une expérience concrète de conduite de crise, il faut tirer les leçons pour d'autres situations de forte turbulence qui pourraient survenir : quels sont les points forts et les points faibles d'une réponse ? En quoi, le cas échéant, la réaction du système a-t-elle pu contribuer à nourrir la crise ? ». Son but stratégique n'est pas seulement d'en savoir plus sur un événement mais de développer une culture de retour d'expérience par le biais d'une démarche collective de questionnement.

Enfin, le **transfert** du risque se conçoit de deux façons, soit l'entreprise transfert l'activité génératrice du risque à ses clients, fournisseurs, sous-traitants, ce qui ne fait que déplacer le risque dans une autre entreprise, soit elle transfert l'aspect financier des risques à une compagnie d'assurance. Dans ce cas, l'assureur doit respecter l'adéquation entre les primes d'assurance et les montants versés aux sinistrés. Le retour d'expérience lui fournit des éléments concrets pour établir sa tarification. La flambée des primes d'assurance du risque industriel qui a fait suite à l'explosion de l'usine AZF de Toulouse illustre ce principe. En particulier, les compagnies d'assurance utilisent la notion de sinistre maximum possible (SMP) pour définir l'engagement financier maximum sur la base duquel elles accepteront ou non le risque proposé par le candidat à l'assurance [LEROY 96]. Or, au-delà des règles spécifiques d'assurance, les compagnies d'assurance sont également confrontées à des considérations commerciales qui peuvent les conduire à sous-estimer cet engagement maximum pour prendre le marché. L'accident d'AZF semble avoir durci leur position sur ce plan également.

2.2.2.3 Audit

J-L. Vollot et J-F. Barbet [VOLLOT 96] justifient l'étape d'audit par le fait qu'« il importe de connaître à tout moment si tous les risques identifiés sont ou pourront être maîtrisés : risques latents et actions prévues, risques apparus et actions effectuées avec leur résultat, risques

disparus. ». Les étapes précédentes ont en effet permis d'apporter des traitements paraissant a priori acceptables. Cependant, l'écologie de l'action [MORIN 94] introduit la variabilité des effets produits par ces traitements ; dès qu'un individu entreprend une action, quelle qu'elle soit, celle-ci commence à échapper à ses intentions. Cette action entre dans un univers d'interactions et c'est finalement l'environnement qui s'en saisit, dans un sens qui peut devenir contraire à l'intention initiale. Il en est ainsi des améliorations de la sécurité qui constituent également des avantages productifs repoussant les limites du domaine exploité et générant en définitive de nouveaux risques (comme la lampe de Davy conçue pour sécuriser l'exploitation des mines, qui a permis d'explorer des mines jusque là trop dangereuses, ou du radar des bateaux qui a permis d'augmenter leur vitesse, avec dans les deux cas une augmentation du nombre d'accidents) [REASON 97]. Certaines barrières introduisent une gêne pour l'opérateur, qui sera alors amené à développer un comportement parfois plus dangereux que dans les conditions initiales. D'autres barrières ou améliorations, comme l'automatisation, ne font en définitive que déplacer le risque aux limites du fonctionnement nominal des installations [AMALBERTI 97].
Bien souvent seules les expériences réelles reflètent l'écologie de ces actions et il convient de les prendre en compte de façon organisée et systématique, par le biais du retour d'expérience.

2.2.3 Sécurité intrinsèque

Des étapes similaires à celle de la gestion des risques de l'entreprise s'appliquent à la conception des produits.

Au niveau des installations, la recherche des points dangereux permet de définir des barrières de prévention et celle des points névralgiques des barrières de protection, dans un souci de satisfaction du client en termes de fiabilité, disponibilité, sécurité et maintenabilité, c'est à dire de sûreté de fonctionnement. L'homme intervenant inéluctablement dans les différentes phases de vie de l'installation, la qualité de l'interface entre l'homme et la machine joue un rôle important et implique que la place et l'intervention de l'homme soient prises en compte dès la conception de l'installation par le biais de disciplines telles que l'ergonomie ou la fiabilité humaine.

Le retour d'expérience relatif à l'utilisation des produits chez les clients constitue un outil unanimement reconnu de veille dans ce contexte. « Le concepteur ne saurait prévoir toutes les situations ou les défaillances techniques, pas plus que la variabilité d'intervention de

l’opérateur. » [ISDF 00]. Le retour d'expérience sert alors d’essai en grandeur réelle et permet d’intégrer les conditions d’exploitation.
D’autre part, le retour d'expérience permet « de donner une priorité aux actions à mener afin d’accéder à la résolution des problèmes touchant le plus grand nombre de clients » [FRETTE 02]. R. Fretté et A. Berger décrivent le dispositif de retour d'expérience mis en place par une entreprise de taille moyenne (environ 550 personnes) pour récupérer les informations relatives aux problèmes signalés et interventions effectuées chez ses clients par l’intermédiaire de sociétés de vente.

L’analyse effectuée dans le cas de la sécurité intrinsèque est généralement fine, associant à une approche qualitative une dimension quantitative pour laquelle le retour d'expérience est d’un grand intérêt.
La sûreté de fonctionnement, par exemple, repose sur l’idée de prévoir la fiabilité dès la conception du système. Elle propose une analyse prévisionnelle qui consiste à obtenir un modèle du système permettant de représenter toutes les défaillances et les pannes des composants, qui compromettent la fiabilité, la disponibilité, la sécurité ou encore la maintenabilité du système global. [VILLEMEUR 88] Ce modèle est à la fois qualitatif afin de représenter les composants intervenant, leurs modes de défaillances et leurs relations, et quantitatif afin de donner une mesure de la fiabilité recherchée du système. Grossièrement, cette mesure est obtenue par la combinaison des probabilités d’occurrence des différentes défaillances ; or, celles-ci s’obtiennent par des calculs statistiques réalisés à partir de paramètres (tels que les taux de défaillance des composants) qui ne sont accessibles que par l’observation de défaillances.

Il existe différentes sources de données de sûreté de fonctionnement, que définit J. Aupied [AUPIED 94] :

- les recueils de données de fiabilité existants : ils constituent la méthode la plus simple mais le champ d’application des recueils disponibles ne recouvre pas nécessairement le domaine auquel on s’intéresse ;
- les méthodes d’évaluation par jugement d’experts : elles se sont développées à partir de l’idée que les spécialistes qui ont accumulé des années d’expérience dans un domaine spécifique possèdent des connaissances précieuses mais qui ne sont pas formulées en tant que telles et sont fragmentées entre plusieurs experts ;

- les recueils de données en exploitation : ils consistent à observer directement le comportement des matériels dans les conditions réelles d'exploitation et à relever toutes les données événementielles qui, après traitement, donneront accès aux paramètres recherchés.
- les campagnes de collecte :elles sont une version plus légère des recueils de données d'exploitation puisqu'elles ne portent que sur une durée limitée et impliquent une organisation plus réduite.
- les essais de fiabilité : ils pallient l'observation du comportement des matériels en exploitation mais ils ne permettent généralement pas de reproduire les conditions d'environnement de l'exploitation réelle avec fidélité.

Hormis les essais de fiabilité, ces sources de données font chacune appel au retour d'expérience, qu'il soit pratiqué par l'entreprise utilisatrice ou non, de façon statistique ou non.

Les traitements consistent en l'amélioration des installations et des produits. Les méthodes de définition des barrières de prévention et de protection de la gestion des risques s'appliquent tout en opérant à un niveau de détail plus fin du fonctionnement des systèmes et des activités. Les objectifs du retour d'expérience sont par conséquent similaires mais utilisent des informations de natures différentes, liées aux fonctionnements des matériels et aux activités.
Quant à l'étape d' « audit », hormis les essais réalisés par le constructeur, elle rejoint l'étape de veille et son besoin en données d'exploitation.

2.2.4 Sécurité opérationnelle

La sécurité opérationnelle est la composante de la maîtrise des risques que nous attribuons à l'action des opérateurs. Le groupe de travail « Retour d'expérience facteur humain » de l'ISdF[21] [ISDF 00] décrit cette action à partir des concepts de régulation, d'optimisation et de récupération. Ces concepts « sont liés à la notion d'écart par rapport au prescrit (situations identifiées et prévues), ce dernier étant la part de prévisible des situations formalisées par l'organisation. Or les situations réelles sont influencées par de nombreux paramètres (contexte de travail, environnement technique, social et humain) qui contribuent à la distorsion de l'activité réelle par rapport à la tâche prescrite. ».

[21] Institut de sûreté de fonctionnement

Dans ce domaine en marge du prescrit, l'approche a priori de la gestion des risques est peu adaptée puisqu'à la variabilité des situations rencontrées s'ajoute la variabilité de l'homme qui les traite. La sécurité opérationnelle représente en quelque sorte le degré de liberté laissé aux opérateurs pour gérer les impératifs de production et de sécurité des situations de travail. En réduisant la variabilité par le fait que l'expérience est réalisée, le retour d'expérience semble être un moyen pertinent pour identifier des leviers d'action à ce niveau de sécurité.
Le groupe de travail « Retour d'expérience facteur humain » considère que « La confrontation de l'opérateur aux situations réelles le conduit à mettre en évidence les limites de certains modes d'organisation et les fragilités dans la conception du système. » ; à ce titre le retour d'expérience relatif aux erreurs des opérateurs, qui constitue une opportunité d'apprentissage pour l'entreprise, et aux bonnes pratiques, une fois celles-ci validées, est particulièrement utile.

Parallèlement, A. Didelot [DIDELOT 02] constate que « les méthodes de conception actuelles ne permettent pas (ou difficilement) d'identifier, de prévoir et de maîtriser [les] situations induites par un fonctionnement dégradé ». Le passage du fonctionnement « normal » au fonctionnement dégradé correspond selon nous à la frontière entre la sécurité intrinsèque et la sécurité opérationnelle. A. Didelot propose alors une méthode permettant de formaliser des actions du domaine de la sécurité opérationnelle par le recours à une « analyse opérationnelle » mettant en évidence des activités limites tolérées à l'usage. Elle prévoit de rendre ces informations accessibles aux constructeurs par l'intermédiaire d'un retour d'expérience structuré. Considérant que les activités limites tolérées à l'usage sont génératrices de risques, elle vise ainsi à améliorer la sécurité intrinsèque pour inscrire la sécurité opérationnelle dans un domaine de risques acceptables.

Nous avons décrit jusque là les types d'actions qui doivent, selon nous, être réalisées pour maîtriser les risques industriels d'une entreprise et ce que le retour d'expérience peut leur apporter. Cette description nous inspire deux constatations, l'une relative aux besoins en matière de maîtrise des risques des PME et l'autre aux objectifs de retour d'expérience.

2.2.5 Constatations issues de la description du processus de maîtrise des risques

2.2.5.1 Les besoins des petits établissements industriels en matière de maîtrise des risques

En premier lieu, les actions précédentes ont été définies par rapport à une conception idéalisée de la maîtrise des risques. Si cette description semble correspondre à ce qui se pratique dans les grands systèmes (comme cela transparaît dans des ouvrages tels que [ISDF 94], [VEROT 98], [EDF 90]), elle semble toutefois assez loin de l'état des lieux de la maîtrise des risques dans les petits établissements établi dans le chapitre précédent. En supposant que les mêmes connaissances s'appliquent effectivement à tout type d'entreprise, nous les comparons aux pratiques observées dans les petits établissements industriels.

Manifestement, les chefs de petit établissement ne pratiquent pas une véritable gestion des risques, impliquant des étapes de planification, d'organisation, d'animation et de contrôle, à des phases de diagnostic de vulnérabilités, de traitement et d'audit. En règle générale, la gestion des risques résultante semble se résumer à respecter la réglementation et adopter des mesures après l'accident.

D'autre part, ces dirigeants ont tendance à externaliser les fonctions qu'ils ne jugent pas essentielles au développement de l'entreprise ; ils considèrent notamment que la sécurité intrinsèque est du ressort des constructeurs.

La sécurité opérationnelle gagne ainsi en « contexte PME » une marge importante. Conformément à l'idée selon laquelle le personnel des petits établissements bénéficie d'une plus grande autonomie que celui des grands systèmes dont l'organisation est plus formalisée, l'opérateur d'un petit établissement industriel semble bénéficier d'une plus grande latitude dans le compromis entre sécurité et production qu'il a à faire lors des situations de travail. Il est moins dirigé par des procédures, moins surveillé sur le plan de la sécurité par sa hiérarchie de proximité (généralement réduite) car si la sécurité n'est pas gérée par la direction, elle ne se répercute pas non plus dans l'organisation. D'autre part, son domaine de risques est important puisque ses actions effectives ne sont pas prises en compte par le constructeur de l'installation sur laquelle il travaille. En revanche, cette liberté (relative) d'action le conduit à développer une connaissance et une maîtrise de son activité ; elles se traduisent également par une maîtrise des risques associée à l'activité et nécessaire à l'aboutissement de celle-ci.

Le concept de **défense en profondeur** apporte un éclairage sur le constat peu satisfaisant de la maîtrise des risques dans les petits établissements industriels.

A la base, « La défense en profondeur repose sur la prise en compte de la possibilité que tout peut ne pas se passer comme prévu. » [EDF 90]. Ainsi la démarche de maîtrise des risques doit non seulement consister à analyser les risques et mettre en place les barrières adéquates mais également prévoir que ces barrières peuvent toujours être défaillantes et raisonner sur une chaîne de barrières et non une barrière unique pour un risque donné.

Le concept de défense en profondeur s'étend aujourd'hui dans le monde industriel de façon globale [VALANCOGNE 02]. Il est notamment utilisé au niveau de la « maîtrise des risques système » [BUISSON 01]. Chaque acteur du système est un maillon de la chaîne de la maîtrise des risques ; quelle que soit sa fonction, un dysfonctionnement à son niveau pourra avoir des répercussions sur les autres acteurs et en bout de chaîne conduire à un incident ou un accident.

Les modèles d'accident de type organisationnel tel que celui que propose J. Reason[22] [REASON 97] (

Figure 7) utilisent le concept de défense en profondeur au niveau de l'organisation.

[22] J. Reason considère en fait qu'il existe deux types distincts d'accidents : les accidents individuels, limités à l'agent et à la victime, et les accidents organisationnels, qui ont des causes multiples et impliquant de nombreuses personnes à des niveaux différents et que l'auteur attribue aux grands systèmes complexes. Cependant, l'auteur considère que les accidents individuels peuvent avoir, et en général ont, des origines organisationnelles. En particulier, nous considérons que le concept de défense en profondeur s'applique puisque les conditions dans lesquelles se déroulent les activités donnant lieu aux accidents individuels, dépendent des caractéristiques techniques de l'outil de travail et de l'organisation humaine qui le met en œuvre. Plus ces conditions sont favorables (matériels sûrs et adaptés, charge de travail adaptée et bien acceptée, etc.) plus l'on peut penser que le risque d'accident est faible.
Nous présentons sur la
le modèle d'un accident organisationnel en précisant que la principale différence que mentionne l'auteur entre les deux types d'accidents est, que dans les accidents organisationnels les défenses sont en place mais elles sont partiellement fragilisées alors que dans les accidents individuels les barrières sont souvent inadaptées ou manquantes.

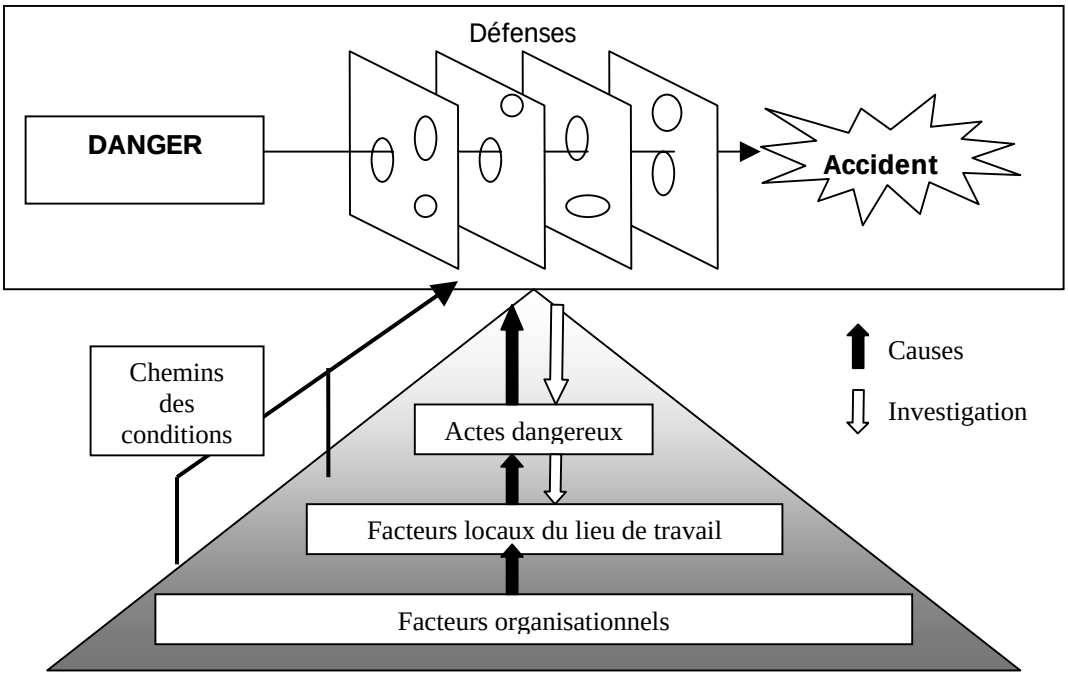


Figure 7: Modèle d'accident organisationnel [REASON 97]

Ce modèle nous permet de situer le niveaux des actions liées à la gestion des risques et à la sécurité intrinsèque et leur répercussion au niveau de l'activité des opérateurs. Nous associons aux facteurs organisationnels (la pression due au temps, des équipements et outils inadaptés, une formation insuffisante, un sous-effectif, des salaires faibles, une faible communication, etc.) les facteurs techniques (des interfaces homme-machine peu ergonomiques, des équipements et des produits dangereux, etc.).
A l'intérieur du lieu de travail, ces facteurs locaux se combinent avec les tendances humaines naturelles à produire des erreurs et des violations (collectivement appelées « actes dangereux ») commises par des individus et des équipes à l'interface direct entre l'homme et le système.

En attribuant les causes d'accidents au seul fait des opérateurs [FAVARO 97] donc à l'échec de la sécurité opérationnelle, les chefs de petits établissements industriels ne tiennent pas compte du concept de défense en profondeur et sous-estiment l'intérêt de la gestion des risques et de l'amélioration continue de la sécurité intrinsèque. Seule une analyse « en

profondeur » des risques de l'entreprise permettrait de mettre en évidence des barrières potentielles en amont du lieu de réalisation du risque.

Par conséquent, nous pensons que les **besoins effectifs des petits établissements industriels** rejoignent le besoin d'outil d'analyse de risques imprimé par la pression réglementaire. Cet outil d'analyse de risques doit néanmoins, pour être efficace, permettre d'identifier les défenses en profondeur de l'établissement.

2.2.5.2 Caractéristiques utiles du retour d'expérience

En second lieu, nous avons recherché les apports du retour d'expérience correspondant aux différentes actions de maîtrise des risques. Différents objectifs du retour d'expérience se dessinent derrière ces différents apports. Or les caractéristiques que nous avons identifiées comme correspondant à ces objectifs apparaissent à travers les données utiles, l'information exploitable ou la connaissance attendue. Nous les avons synthétisés dans le Tableau 2.

Maîtrise des risques	**Objectif de retour d'expérience**	**Caractéristiques de l'information**
Gestion des risques	- Fournir des éléments concrets pour : - évaluer le retour sur investissement des barrières ; - définir la politique de sécurité ; - allouer les ressources ;	Information continue, Bilans globaux, Indicateurs pertinents pour le décideur, Données internes ou externes.
Veille prospective	- tirer des enseignements d'événements détectés par la veille ; - garder une trace des projets ;	Information ponctuelle, Etude détaillée d'événements déterminés.
Suivi d'indicateurs	- cibler les objectifs de gestion des risques, situer l'entreprise par rapport à la profession ; - fournir des indicateurs de pilotage de la sécurité ; - gérer et optimiser la maintenance ;	Information continue, Opérations statistiques sur des ensembles d'événements : - accidents, - incidents mineurs, - défaillances, etc.
Identification des dangers et leurs processus	- créer des modèles de processus de danger ; - enrichir l'expérience pour identifier les causes et les effets des événements non souhaités ; - permettre le partage de l'expérience ; - étayer les hypothèses ; - suivre l'évolution réelle des causes ;	Etude de cas approfondie, Etude de tendance, Information ponctuelle ou continue, Accidents, incidents propres à l'entreprise ou d'entreprises de même activité.
Evaluation des risques	- fournir des mesures de fréquence et d'impacts ;	Information quantitative, ponctuelle ou continue.
Prévention,	- recenser les barrières existantes ;	Bases de cas,

Protection	- fournir une indication sur l'efficacité des barrières ;	Accidents, incidents, Solutions apportées.

Prévision	- ajuster les moyens et organisations aux sinistres redoutés ; - faire progresser les capacités à gérer les crises ;	Sinistres, Démarche collective de questionnement.
Transfert	- définir l'engagement financier et la tarification des compagnies d'assurance ;	Information quantitative et financière des accidents.
Audit	- suivre l'évolution des situations après l'introduction de nouvelles barrières ;	Information continue, Incidents, accidents
Sécurité intrinsèque	- fournir des données d'exploitation ; - donner une priorité aux actions de résolution de problèmes ;	Information continue qualitative et quantitative, Défaillances, interventions
Sécurité opérationnelle	- mettre en évidence les limites et les fragilités du système ; - apprendre par l'erreur ; - identifier les bonnes pratiques ; - fournir aux constructeurs des informations sur l'utilisation en fonctionnement dégradé des équipements.	Information continue, Incidents, accidents Bonnes pratiques.

Tableau 2 : Synthèse des objectifs de retour d'expérience

Globalement, nous pouvons regrouper ses objectifs en quatre catégories :

- suivre des indicateurs pour traduire une évolution ;
- apporter des éléments objectifs pour établir une estimation ;
- identifier ce qui s'est mal passé pour l'éviter ;
- identifier ce qui s'est bien passé pour le reproduire.

Au sein de ces catégories, les différents objectifs sont modulés en fonction des caractéristiques de l'information intervenant dans le processus du retour d'expérience : information continue, ponctuelle, propre à l'entreprise ou externe, approfondie ou statistique, relatives aux accidents, au fonctionnement de matériel ou aux bonnes pratiques. Or, ces caractéristiques d'ordre informationnel nous ramènent à trois types de caractéristiques de retour d'expérience :

- les **processus de collecte et d'analyse des données**, qui peuvent être respectivement ponctuel ou continu et clinique ou statistique, en fonction des résultats attendus

(bilans, accroissement de connaissance collective, etc.), du type de données accessibles ou de choix de l'entreprise ;

- les **expériences** sur lesquelles porte le retour d'expérience : des événements accidentels, le fonctionnement de matériel, des activités.

- le **type d'organisation** qui le supporte, ce qui inclut le positionnement de l'entreprise dans le processus de retour d'expérience et le rôle des acteurs du retour d'expérience.

Dans un premier temps, nous allons donc préciser ces caractéristiques en nous basant sur les dispositifs existants et en précisant, le cas échéant, si elles nous semblent adaptées aux besoins et au fonctionnement des petits établissements industriels. Nous proposons, dans un second temps, une façon de les mettre en œuvre pour respecter ces derniers paramètres.

2.3 Caractéristiques du retour d'expérience

2.3.1 Processus de collecte et d'analyse des données

2.3.1.1 Collecte des données

L'étape de recueil de données est souvent jugée la plus importante dans le retour d'expérience puisqu'elle en fournit la matière première. Nous distinguons deux types de processus de collecte d'information qui renvoient à deux positionnements du retour d'expérience dans le temps.

Dans un cas, la collecte est ponctuelle et s'effectue par rapport à une expérience particulière, située dans le passé pour un observateur du présent et par conséquent emprunt d'une problématique actuelle. Nous la qualifions de **collecte statique** dans la mesure où les données existent antérieurement à la décision de les collecter. Une investigation permet d'extraire de l'information à partir des données de l'expérience dont l'analyse fournira un certain nombre d'enseignements.
L'observateur dispose de données limitées aux capacités de mémorisation, c'est à dire ce qui a été conservé sous une forme ou une autre et qui demeure accessible. Sa problématique lui permet de sélectionner les données utiles.

Dans le second cas, la collecte se fait en continu tout du moins de telle sorte qu'elle alimente un retour d'expérience itératif. Nous la qualifions de **collecte dynamique** car le type de données à collecter est préétabli mais la donnée est sélectionnée lorsque l'événement se produit. L'observateur considère cette fois le présent et l'exploite en prévision du futur. Ce mode de collecte répond en particulier à un objectif de suivi d'une évolution.
L'observateur dispose d'une expérience, dans toute sa richesse et sa complexité, qu'il ne peut appréhender telle quelle. Il en retient donc des aspects privilégiés par l'intermédiaire de filtres ou d'indicateurs, qui sont réalisés a priori en fonction des objectifs d'utilisation des futures données.

En ce qui concerne les modalités pratiques de la collecte, différentes voies de remontée d'information existent ; elles peuvent être automatiques (comme les enregistreurs de vols ou

les mouchards des camions), obligatoires selon des spécifications précises (acteurs concernés, types d'événements visés, etc.) ou encore volontaires.

L'aéronautique compte parmi les secteurs d'activité qui utilisent massivement le retour d'expérience ; elle offre en particulier un large panel de canaux de remontée et de traitement des informations liées aux incidents d'exploitation [DE COURVILLE 98] :

- l'enregistreur de vol : tous les vols sont dépouillés et pour toute anomalie détectée, l'équipage concerné reçoit le dépouillement des données et un jeu de questions auxquelles il peut répondre librement ;
- le rapport de sécurité, formalisé et nominatif, qu'un membre d'équipage peut utiliser dès l'instant où il a vécu un événement qui a un rapport avec la sécurité des vols ;
- le retour d'expérience anonyme pour lequel des supports sont à disposition des équipages pour faire savoir ce qu'une personne vient de vivre ou d'observer ;
- les sondages ponctuels portant sur des questions précises envoyées aux équipages et retournés sur une base volontaire ;
- le recueil d'information par les Officiers de la Sécurité des Vols ou les Correspondants Sécurité qui sont là pour écouter les gens qui ont envie de parler de sécurité ou de transmettre de l'information sur ce qui se passe au niveau des vols.

Selon les cas, le recueil de données est effectué par des enquêteurs ou directement par les acteurs de terrain. Les procédures de recueil font intervenir les supports, des plus formels, tels que les fiches de collecte aux champs spécifiques ou les questionnaires, aux plus informels tels que les séances de débriefing ou les entretiens. Ce choix dépend principalement du type d'expérience étudié et du type d'analyse que l'on prévoit. Schématiquement, plus le support utilisé est formalisé et plus les données récoltées seront utilisables de façon automatique alors que moins il canalisera les réponses plus celles-ci couvriront d'informations, en largeur (nombres de domaines abordés), en profondeur (niveau de détail) et en complexité (interactions voire contradictions entre les différents domaines et les différents niveaux de détails).

2.3.1.2 Analyse des données

De façon symétrique à la collecte, J. Pariès et al [PARIES 01] considèrent qu'il y a fondamentalement deux processus d'analyse de données.

L'**approche statistique** consiste à tirer des enseignements à partir d'un ensemble d'expériences ; il s'agit de rechercher des corrélations éventuelles entre des facteurs

descriptifs a priori objectifs et les expériences. L'approche statistique répond à un objectif de suivi d'indicateurs, mais elle permet également d'identifier des facteurs causaux par le biais d'une analyse de tendance.

L'**approche clinique** consiste à tirer des enseignements d'une expérience considérée de façon individuelle ; chaque expérience est analysée de façon approfondie. Elle est ainsi souvent associée à un processus de collecte ponctuel dans lequel l'intérêt de l'expérience est déterminé a posteriori et justifie une analyse plus lourde.

Au sein d'une approche, les différentes méthodes et outils sont généralement adaptés à un type d'expérience considéré. Par exemple, en ce qui concerne l'approche clinique des accidents, la méthode de l'arbre des faits est la plus connue et la plus utilisée en France [CANTIN 92]. Elle constitue une variante de l'arbre de défaillances [VILLEMEUR 88] de l'analyse de risques. « A partir d'un accident survenu, elle nous propose une démarche analytique de recueil d'informations (les faits) suivant une logique de cause à effet linéaire. La détermination séquentielle de l'ensemble de ces causes doit se faire jusqu'aux plus élémentaires. » [CANTIN 92]. Au lieu de représenter la combinaison des défaillances pouvant potentiellement conduire à la réalisation d'un événement non souhaité, l'arbre des causes associé à l'analyse des accidents organise les faits qui ont effectivement conduit à l'accident selon des relations causales directes, en utilisant des enchaînements simples ou des conjonctions.

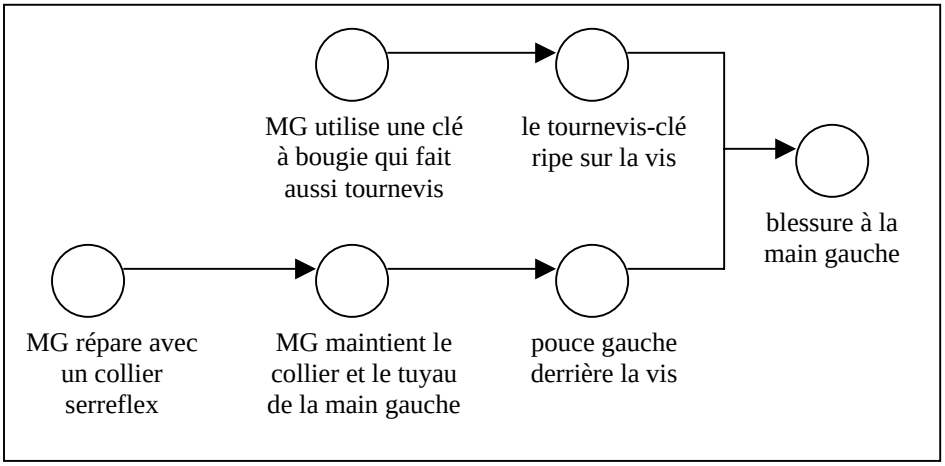

MG utilise une clé à bougie qui fait aussi tournevis
le tournevis-clé ripe sur la vis
blessure à la main gauche
MG répare avec un collier serreflex
MG maintient le collier et le tuyau de la main gauche
pouce gauche derrière la vis

Figure 8 : Exemple d'arbre des faits [LEPLAT 85]

La méthode est basée sur la notion de variations dans le fonctionnement habituel du système et sur la recherche des enchaînements logiques entre les variations identifiées et l'accident étudié. « Ces enchaînements entre un antécédent A et un événement B sont établis grâce aux réponses aux deux questions suivantes :

- Question 1 : « Si A n'avait pas eu lieu, B serait-il cependant apparu ? »
- Question 2 : « A-t-il fallu A et seulement A pour que B apparaisse ? » ». [ABRAMOVICI 99]

Il existe d'autres méthodes, souvent complémentaires telles que la méthode REXAO[23] [WYBO 00], [COLARDELLE 00] plus axée sur la prise de décision des acteurs, ou la méthode MORT[24] [JOHNSON 75] axée sur le management.
Toutes ces méthodes offrent généralement à l'analyste un guide pour restituer l'événement et permettre un raisonnement par analogie pour élargir la réflexion à partir de cet événement.

Les résultats des analyses cliniques peuvent éventuellement être stockés dans des bases de données en tant que bases de cas, de façon à pouvoir être facilement retrouvés. Par exemple, l'ESReDA[25] a réalisé un dictionnaire des bases de données d'accidents mettant en jeu des produits chimiques [PINEAU 98].

Les bases de données sont en revanche indispensables pour l'approche statistique. Elles permettent de présenter les données brutes dans un format utile et de réaliser facilement des opérations statistiques. Ces opérations peuvent être relativement simples (histogrammes, tris à plat, etc.) ou faire intervenir des méthodes plus sophistiquées d'analyse de données ou de statistique descriptive multidimensionnelle (analyse en composantes principales, analyse des correspondances, méthodes de classification, etc.).

D. Kimmel [KIMMEL 95] propose une Méthodologie d'Exploitation Préventive des Accidents (M.E.P.A.) utilisant des méthodes statistiques simples comme « des comptages et dénombrements de données rencontrées dans les comptes rendus d'accidents […à partir de la]

[23] Retour d'expérience et apprentissage organisationnel : http://www.rexao.org

[24] Management Oversight and Risk Tree

[25] European Safety, Reliability and Data Association

répartition des facteurs d'accidents en composantes, classes et catégories suivant [une] grille » et des « croisements entre elles des composantes, classes et catégories ».

A l'opposé, P. Chaussis [CHAUSSIS 01] s'intéresse à l'application des méthodes de data mining, telles que les arbres de décisions, les méthodes de classification, les réseaux de neurones et les algorithmes génétiques, au retour d'expérience en matière de sûreté de fonctionnement. Le data mining est défini comme « le processus permettant d'extraire de la connaissance telle que des schémas, associations, changements, anomalies et structures significatives, à partir de grandes quantités de données stockées dans des bases de données, des data warehouses et autres répertoires de données »[26] [HAN 99].

C. Gilbert et I. Bourdeaux [GILBERT 99a] soulignent cependant, qu'en dépit de l'intérêt qu'elles suscitent, les bases de données font l'objet de nombreuses critiques. Elles requièrent en effet d'importants moyens, tant en personnel que financiers, pour les « faire vivre » de sorte qu'elles deviennent rapidement obsolètes (rapidité des changements en matière informatique, faible qualité des données). D'autre part, les bases de données ont pris une importance telle, qu'elles deviennent parfois le point d'aboutissement du retour d'expérience. Leur utilité est remise en cause, comme dans le cas des bases de données « universelles » ne correspondant que partiellement aux objectifs des uns et des autres, ou des bases de données constituées sans réflexion de fond sur les buts visés.

2.3.2 Types d'expérience

Nous distinguons trois types d'expérience à partir desquelles se pratique le retour d'expérience en matière de maîtrise des risques. **L'analyse des événements accidentels**, accidents, presqu'accidents, incidents, permet d'identifier les dysfonctionnements du système, les éléments à modifier ou à éviter. **Le suivi du fonctionnement du matériel en exploitation** permet de prévoir le comportement de ce matériel et d'appliquer une maintenance préventive optimisant son fonctionnement (augmentation de la disponibilité, de la sécurité en réduisant le fonctionnement dégradé, de la durée de vie) ; ce suivi fournit également des éléments permettant d'améliorer la conception des matériels futurs. Enfin, **la prise en compte des**

[26] Traduction libre de « Data mining is the process of discovering interesting knowledge, such as patterns, associations, changes, anomalies and significant structures, from large amounts of data stored in databases, data warehouses, or other information repositories. »

expériences réussies tant au niveau des pratiques que des projets permet d'identifier ce qu'il convient de conserver et de reproduire.

2.3.2.1 Evénements accidentels

C. Gilbert et I. Bourdeaux [GILBERT 99a] tirent les enseignements d'une série de séminaires sur le retour d'expérience[27] qu'ils ont organisés entre 1998 et 1999. Ils ont notamment identifié les événements propices aux retours d'expérience et les facteurs à prendre en compte.

2.3.2.1.1 Types d'événements accidentels

Compte tenu de la variété des organisations mettant en œuvre un retour d'expérience, les critères caractérisant un type d'événement sont forcément différents d'une organisation à l'autre. Cependant, les auteurs constatent la reconnaissance d'une sorte d'échelle commune de gravité des événements, par rapport à leur impact sur la sécurité, l'importance des perturbations, des remises en cause et des risques de conflits que leur traitement peut susciter.

Aussi large que soit la notion d'incident, les incidents « ont en commun d'être « maîtrisés », « contenus » par les organisations en charge des risques » [GILBERT 99a]. Cette catégorie d'événements est privilégiée notamment dans les secteurs où il n'est pas possible de fonder le retour d'expérience sur les accidents graves ou majeurs en raison de leur rareté ou de la difficulté de les analyser. Cependant, ils sont difficiles à exploiter ; la mobilisation autour d'événements assez fréquents, intégrés au fonctionnement « normal » des organisations est, en effet, difficile compte tenu de la multiplicité des tâches, de l'existence d'autres priorités, d'une propension assez généralisée à oublier ce qui n'affecte pas réellement le fonctionnement de l'organisation. Aussi, bien que l'on puisse individuellement attribuer aux PME une certaine rareté des accidents graves, il semble plus avisé de ne pas recourir pour autant à l'examen systématique des incidents.

Un clivage existe parmi les accidents, entre ceux qui demeurent largement sous le contrôle des organisations en termes de conséquences et d'information et ceux qui en « sortent » par obligation de déclaration ou interventions extérieures. Les accidents peuvent être propices au retour d'expérience en tant qu'événements marquants, évidents, ne posant pas de problèmes

[27] « Retours d'expérience, apprentissages et vigilances organisationnels. Approches croisées » Séances : 5 mars 1998, 23 juin 1998, 20 octobre 1998, 21 janvier 1999, 24 mars 1999, 9 juin 1999.

d’identification ; mobilisateurs et souvent vécus comme des échecs, ils favorisent différents types de remise en cause et permettent d’envisager de possibles changements d’orientation. De plus, les accidents constituent dans la représentation des entrepreneurs de PME, la concrétisation du risque et sont donc à privilégier dans une approche qui leur est destinée.

Les accidents comme les incidents sont généralement analysés pour identifier leurs causes ou plus généralement les facteurs qui ont participé à leur réalisation. L’objectif est en effet d’identifier tout ce qui n’est pas favorable à la sécurité pour le corriger plutôt que de rechercher l’enchaînement causal exact à l’origine de l’événement comme dans une recherche de responsabilité.
Comme pour les catégories d’événements, C. Gilbert et I. Bourdeaux [GILBERT 99a] constatent une sorte de consensus quant aux catégories de facteurs causaux pris en considération. Une distinction est généralement faite entre « facteurs techniques », « facteurs humains » et « facteurs organisationnels », bien que cette distinction repose sur des conventions discutables comme le fait de renvoyer les facteurs humains à la seule activité des « opérateurs » (qui plus est très divers : ouvriers qualifiés, techniciens, ingénieurs, conducteurs de trains, pilotes d’avions, etc…) alors que les techniques et les organisations sont de toute évidence également des produits de l’activité humaine.

2.3.2.1.2 Types de facteurs causaux

Dans la plupart des secteurs d’activité, les procédures de retour d'expérience se sont développées à partir des aspects techniques qui, pour l’essentiel, constituent encore largement la base du retour d'expérience. L’avantage des facteurs techniques est qu’ils se situent dans le domaine du gérable, du faisable, aboutissant à des changements de matériels, de procédures, dont les effets sont facilement mesurables. De plus, ils présentent une difficulté moindre vis-à-vis de la remontée d’information. Bien qu’ils permettent une approche indirecte d’autres aspects socio-organisationnels, ils sont apparus insuffisants dans de nombreux secteurs pour couvrir l’ensemble des aspects impliqués dans la sécurité.

En effet, l’analyse des facteurs humains devient essentielle dans les domaines où la sécurité semble avoir atteint un palier sur le plan strictement technique. Cependant, la prise en compte de ces facteurs est malaisée en raison de la difficulté à les définir précisément, à intégrer cette préoccupation dans les cultures des opérateurs et des cadres mais aussi au niveau des structures de retour d'expérience. Les problèmes liés aux facteurs humains sont également

difficiles à traiter à cause de l'extrême sensibilité des intervenants et opérateurs aux erreurs, aux fautes et aux questions de compétences, capacités d'apprentissage et d'adaptation.
Quant aux facteurs organisationnels, bien que reconnus comme importants et très présents dans l'esprit des acteurs, ils sont encore difficilement pris en compte dans le cadre du retour d'expérience, sinon à l'occasion de crises suffisamment graves pour amener à questionner les fondements mêmes des organisations.

Compte tenu du niveau de sécurité émergeant de l'état des lieux effectué en PME, considérer uniquement les facteurs techniques semble un premier niveau acceptable, à condition que ces facteurs permettent d'identifier également les principaux écueils d'ordre socio-organisationnel tels qu'un manque de formation ou une représentation trop restrictive du rôle des opérateurs. D'autre part, le rôle prépondérant du chef d'entreprise de PME, compromet d'autant plus la remise en cause formelle du management. Toutefois, comme le souligne M. Abramovici [ABRAMOVICI 99] nous prenons en considération que si la compréhension des phénomènes techniques est suffisante pour comprendre « comment » l'accident s'est produit, les facteurs organisationnels nous éclairent sur le « pourquoi ».

2.3.2.1.3 Importance du modèle d'accident

Cependant les types de facteurs recherchés se décrètent rarement ex nihilo ; ils sont généralement liés au modèle d'accident (ou d'événement, de façon plus générale) sur lequel se base l'analyse. Pour J. Rasmussen [RASMUSSEN 90], les accidents sont généralement analysés en termes de chaînes accidentelles d'événements, c'est à dire de représentations causales. Puisqu'il n'y a pas deux accidents identiques, l'analyse de l'accident dépend de catégories « prototypiques » de causes, d'événements et de conséquences. Ces catégories ne peuvent pas être définies par une liste d'attributs objectifs mais elles sont identifiées par des exemples typiques, des prototypes, prenant en compte le contexte et l'expérience. Nous considérons que ces prototypes correspondent aux modèles d'accidents qu'utilisent notamment les méthodes de recueil et d'analyse du retour d'expérience.

Par exemple, L.Laflamme [LAFLAMME 90] classe les modèles développés pour étudier les accidents du travail selon quatre approches différentes : les modèles décisionnels, les modèles séquentiels, les modèles énergétiques et séquentiels et les modèles organisationnels.
Les modèles décisionnels analysent les processus de décision individuels et soulignent la dynamique des interactions dans les situations de travail. Ce sont en général des modèles

déterministes et présentés sous forme d'algorithme. Le processus décisionnel intervenant dans une séquence accidentelle est reconstitué en suivant une liste de questions attendant des réponses par la négative pour poursuivre la séquence, jusqu'à l'accident dans les cas les plus défavorables, ou l'affirmative pour rétablir l'équilibre du système impliqué.

Dans les modèles séquentiels, c'est la tâche plutôt que l'individu qui est étudiée. Elle est définie comme un système interactif ayant sa propre dynamique et impliquant trois acteurs principaux : l'individu, la machine et leur environnement. Un accident est issu d'une perturbation affectant le système et il est défini comme une sortie non désirée du système. La méthode de l'arbre des causes citée dans l'analyse clinique des accidents repose sur ce type de modèle.

Les modèles énergétiques et séquentiels étudient également les séquences d'accidents causés par des perturbations dans la tâche mais ils s'intéressent aux transferts d'énergie non désirés de la machine vers l'individu, et par conséquent, aux caractéristiques techniques du processus de travail.

Quant aux modèles organisationnels, auxquels appartient le modèle de J. Reason (§ 2.2.5.1), ils s'intéressent aux facteurs d'arrière plan liés à la structure qui influence les circonstances de l'accidents.

Ainsi, bien que dans tous les cas l'objectif des analyses utilisant ces modèles soit de trouver des mesures permettant d'éviter les accidents du travail, les facteurs retenus seront différents selon que l'on s'intéresse au processus de décision de l'opérateur, à la tâche, aux caractéristiques techniques du processus de travail ou à l'organisation dans lequel il s'inscrit.

2.3.2.2 Le fonctionnement de matériels

Se plaçant dans le cadre du recueil de données en exploitation, A. Lannoy [LANNOY 96] décrit par le paragraphe suivant l'essentiel de ce que nous considérons comme du retour d'expérience sur le fonctionnement de matériel. « Le retour d'expérience vise une meilleure connaissance relative au comportement d'une installation et des matériels qui la composent, des modes de dégradation, de dysfonctionnement ou d'endommagement. Il fournit les moyens d'améliorer la fiabilité des matériels et des installations pour une meilleure sécurité et une meilleure disponibilité. Le retour d'expérience est la gestion des faits techniques et des performances techniques, observés pendant toute la durée de vie du produit, de la conception au retrait du service. Il comprend trois étapes :

- la mémorisation des données d'expérience : l'outil indispensable est la base de données,
- l'analyse des informations ainsi recueillies,

- la diffusion et l'application des enseignements issus de l'analyse du retour d'expérience. »

Tous les matériels ne pouvant être pris en considération, les plus importants sont identifiés selon différents critères tels que la criticité pour la sécurité, les coûts de maintenance élevés, etc.. Ils sont alors décomposés par fonction et par partie, en général jusqu'aux éléments maintenables. Il existe, de fait, un lien très marqué avec la maintenance [LYONNET 00]. L'existence de ce lien au niveau des données devrait permettre le rapprochement de la sécurité de cette fonction généralement mieux prise en compte par les PME (§ 1.5.2).

A titre d'exemple, EDF, au sein de laquelle coexistent différents processus de retour d'expérience et différentes bases de données, utilise la base de donnée SYGMA (système de gestion de la maintenance) pour suivre avec le même outil, toutes les séquences d'une activité de maintenance, de la détection de l'anomalie sur l'outil de production jusqu'à son traitement final. Cette base de données contient l'historique des interventions avec la saisie des données événementielles nécessaires au calcul des paramètres, ainsi que des informations utiles pour le service de maintenance telles qu'une bibliothèque des modes opératoires ou la gestion des pièces de rechange [FLEURANCE 00].

Comme le souligne A. Lannoy [LANNOY 96], la fiabilité des résultats issus du retour d'expérience dépend en grande partie de la qualité des données. Au niveau de la collecte, elle se caractérise par la justesse et l'exhaustivité des données. Or, même en se situant dans un champ strictement technique la tâche de collecte est difficile, justement en raison de la qualité des données requise. Elle demande une bonne maîtrise des différents champs de la fiche de collecte pour extraire de l'événement l'information pertinente. Elle suppose une enquête, une analyse voire une expertise de l'information avant son introduction dans la base. De plus, non rentable immédiatement et mal perçue par le management, elle n'est de surcroît pas valorisée auprès du personnel chargé de la collecte qui ne voit pas toujours le retour de son travail.
La fiabilité des résultats dépend également de l'analyse des données pour laquelle une validation préalable doit avoir lieu. Elle se traduit par la sélection d'un échantillon pertinent et l'analyse visuelle de la qualité de l'information et de sa pertinence par rapport au problème posé.

J.J. Lauly et J. Ringler [LAULY 94] définissent « une organisation simple et pertinente du retour d'expérience » matériel pour les PME, qui peut répondre à une demande précise en la matière.
En ce qui nous concerne, la qualité des données nécessaire nous semble constituer une difficulté majeure pour les petits établissements dans lesquels l'information est généralement peu formalisée. La caractérisation de la qualité est cependant à garder à l'esprit car le degré de confiance à accorder aux résultats du retour d'expérience doit être estimé pour que ces résultats soient exploitables par l'industriel.

2.3.2.3 Les expériences « positives »

La prise en compte des expériences malheureuses telles que les accidents ou de ce qui s'est mal passé lors d'une expérience est un processus répandu dans notre société ; en identifiant et en éliminant ce qui ne convient pas, on espère améliorer le système de proche en proche. Cependant, on oublie parfois que l'identification et la reproduction de ce qui, au contraire, a bien fonctionné, est un processus tout aussi bénéfique.

Nous avons considéré deux cas pour préciser ce type d'expérience qui se distinguent par le processus de collecte utilisé, statique dans un cas, dynamique dans l'autre. Dans le premier cas, l'observateur considère une expérience passée et en tire des enseignements (non plus en termes de choses à éviter mais à reproduire) ; nous identifions ce cas comme un retour sur expérience. Dans le second cas, que nous qualifions de capitalisation d'expérience, l'observateur vit une expérience et cherche à en conserver les points clés de façon à pouvoir les réutiliser à l'avenir. L'analyse est essentiellement clinique ; il est très difficile de faire des statistiques sur ce qui a bien marché car il faudrait identifier de façon exhaustive l'ensemble des paramètres intervenant, les bases de données adaptées à ce type de retour d'expérience ne sont encore pas de pratique généralisée, et seule une partie infime de l'expérience positive est captée de façon formelle.

2.3.2.3.1 Le retour sur expérience

Ce type de retour d'expérience peut se traduire par les « bonnes recettes », les « bonnes pratiques » et se retrouver dans des normes, recommandations, guides ou procédures qui représentent le savoir-faire d'un domaine. En ce qui concerne le facteur humain, les rattrapages de situations qui auraient pu se dégrader davantage font partie de ce type de retour d'expérience au même titre que l'analyse des situations qui ont donné satisfaction.

Ce retour d'expérience est particulièrement prometteur, d'une part parce qu'il se rapporte à une durée de fonctionnement des organisations longue, les dysfonctionnements ponctuant les intervalles de bon fonctionnement étant souhaités les plus brefs possibles (ce qui offre a priori davantage de marge de manœuvre), et d'autre part parce qu'il affranchit des notions de faute et de responsabilité qui accompagnent les événements accidentels.

Cependant deux limites rendent difficile sa mise en œuvre. Comme nous l'avons vu pour les incidents mineurs intégrés au fonctionnement normal de l'organisation, les expériences positives, qui entrent dans le fonctionnement normal, sont faiblement mobilisatrices dans des organisations tournées vers l'avenir et non vers le passé. Dans le cas des rattrapages par exemple, l'opérateur en est souvent le seul témoin et il a peu l'occasion de s'exprimer à ce sujet. D'autre part, quelque chose qui a fonctionné est toujours sujet à caution ; ainsi une procédure qui a été utilisée sans donner lieu à des incidents, peut-elle être considérée sûre ou est-ce simplement que l'incident ne s'est pas encore produit ?

Partageant la même finalité, ce type de retour d'expérience est complémentaire au retour d'expérience sur les événements accidentels. Il nous semble particulièrement intéressant dans la mesure où il procède de l'observation d'éléments concrets, à condition de définir un processus de mise en œuvre acceptable pour l'entreprise. En l'occurrence, ce processus doit correspondre au fonctionnement à caractère intuitif et informel des PME.

2.3.2.3.2 La capitalisation d'expérience

Egalement définie sous le terme de « mémoire d'entreprise » par J. Pomian [POMIAN 96] qui décrit les techniques de sa mise en œuvre, la capitalisation d'expérience se trouve en limite du retour d'expérience et de la gestion des connaissances. Le procédé REX, souvent cité en exemple en la matière, illustre la position un peu ambiguë de la frontière entre retour d'expérience et gestion des connaissances. L'objectif de ce procédé est la maîtrise et l'optimisation du cycle du retour d'expérience [EICHENBAUM 97]. Les outils REX permettent la saisie d'éléments de connaissances dans une base de connaissances, la consultation et l'administration du système, et la génération du thésaurus spécifique.

D'après J-L. Ermine [ERMINE 96], la gestion des connaissances vise à rassembler les savoirs et savoir-faire sur des supports facilement accessibles, faciliter leur transmission en temps réel à l'intérieur de l'organisation et en différé aux futurs successeurs, garder une trace de certaines activités ou actions sur lesquels l'organisation peut être amenée à revenir ou rendre des comptes dans l'avenir.

Comme l'a suggéré J. Dos Santos[28], la part qui revient au processus de retour d'expérience est alors d'alimenter le système de gestion des connaissances puisqu'il désigne l'extraction de données brutes et leur analyse en vue d'en tirer des connaissances. Nous considérons alors le retour d'expérience comme un « moteur de connaissance », ayant la particularité de s'intéresser aux expériences vécues.

L'une et l'autre de ces deux formes de retour d'expérience sont particulièrement utiles dans le cadre de la sécurité opérationnelle. C'est en effet à ce niveau que se développent les pratiques, qui peuvent constituer, après une validation adéquate, un code de bonnes pratiques. D'autre part, la mémoire des opérateurs, et du personnel en général, représente une source particulièrement riche d'information relative aux expériences, heureuses et malheureuses, qui ce sont déroulées dans l'entreprise. De plus, ces données, qu'il s'agisse des bonnes pratiques ou des informations mémorisées, sont a priori particulièrement accessibles en PME compte tenu du caractère réduit de leur effectif.

2.3.3 Organisation du retour d'expérience

2.3.3.1 Positionnement de l'entreprise dans l'organisation du retour d'expérience

2.3.3.1.1 Le retour d'expérience individuel en interne

Le cas dont il est le plus question dans la bibliographie est celui où l'entreprise pratique un retour d'expérience sur elle-même. Il concerne des industries de haute technicité, comme l'aérospatial, et/ou à hauts risques (dans le sens où ils peuvent présenter un risque pour le public) comme le nucléaire, l'industrie chimique, les transports en commun, etc., mais aussi des secteurs fortement utilisateurs de sûreté de fonctionnement comme l'automobile. Quoi qu'il en soit, il s'agit toujours d'entreprises de grandes dimensions (humaines, matérielles et financières) motivées par les avantages qu'elles peuvent en tirer en termes de résultats de sécurité (quand le retour d'expérience ne leur est pas imposé) ou en termes de coûts. Cette configuration semble donc peu adaptée aux PME.

[28] Propos émis au cours d'une réunion de la Société Française de Génie des Procédés, le 20 mars 2001 à Paris.

2.3.3.1.2 Le retour d'expérience individuel vers l'externe

Un deuxième cas correspond à la situation dans laquelle le retour d'expérience est effectué par une entreprise sur des événements ayant lieu dans d'autres entreprises. Il ne s'agit pas d'un système coopératif ; une seule entreprise est engagée dans le processus mais elle prélève l'information dans d'autres entreprises ou organisations. Il existe dans ce cas, soit une configuration formelle de grande ampleur, c'est le cas des entreprises qui effectuent déjà un retour d'expérience interne et cherchent à l'élargir, soit d'une configuration beaucoup plus informelle de prise d'information auprès de partenaires ou de pairs sur leurs propres expériences.

Le premier cas est illustré par le système de surveillance que cherche à développer EDF pour permettre aux données et leçons tirées d'événements critiques qui ont lieu à l'échelle mondiale, d'être transposées aux secteurs pour lesquels elles peuvent être utiles [LABADIE 98].

Le deuxième cas est traditionnellement utilisé dans le domaine de l'environnement par le biais de contacts téléphoniques aux fournisseurs, clients ou entreprises de même activité, ou par le biais de programme de formation collective où sont utilisées les expériences des participants. Cette pratique est particulièrement courante chez les PME et peut également se concevoir dans le domaine de la sécurité.

2.3.3.1.3 Le retour d'expérience collectif par l'externe

Cette rubrique recouvre les retours d'expérience effectués, au moins en partie (le recueil des données étant quelquefois le fait de l'industriel), par un organisme centralisant des données collectées dans différentes entreprises. Il peut s'agir d'organismes d'Etat, de compagnies d'assurance, etc.

Deux exemples de tels retours d'expérience sont, en particulier, utilisables par les entreprises qui en font la demande par l'intermédiaire de l'organisme gestionnaire. L'un est effectué par le BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels) dépendant du ministère de l'environnement à partir des rapports des DRIRE et de la sécurité civile ; il concerne les risques d'accidents dommageables pour l'environnement de l'entreprise (milieu naturel, public). L'autre est effectué par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) à partir des comptes-rendus d'enquêtes d'accidents du travail des CRAM.

Nous avons pris l'exemple d'un accident décrit dans les deux bases de données correspondantes ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) et EPICEA

(Etude de Prévention par l'Informatisation des Comptes-rendus d'Enquêtes d'Accidents du travail) pour illustrer l'utilité de chacune d'elles (du point de vue d'un entrepreneur).

Base de données ARIA (BARPI)

N° 9878 – 04/09/96 80 – HAM
27.4 – *Production de métaux non ferreux*
Une explosion survient à l'intérieur d'un four à gaz naturel pour le recuit de profilés d'aluminium. Un opérateur réparant un équipement voisin est tué par la projection de la porte du four (1 tonne) et un électricien est grièvement brûlé. La toiture est partiellement détruite par l'éjection de la partie supérieure de l'installation et les débris sont éparpillés sur 50 m. L'arrivée du gaz est fermée. Il n'y a pas eu d'incendie. Une enquête judiciaire est réalisée.

Base de données EPICEA (INRS)

facmat : Four de traitement thermique
actles : Souffle, pression
orles : Explosion, éclatement du facteur matériel 1
Résumé :
La victime, français, 37 ans, mécanicien de maintenance, devait effectuer, en compagnie d'un collègue (électricien), des travaux de maintenance sur l'une des poutres roulantes à commande au sol, dans l'atelier de traitement thermique près d'un four de recuit. C'était l'heure de la pause. Il n'y avait plus personne dans l'atelier, hormis les deux intéressés. Une alarme sonore et optique se mit en marche signalant un dysfonctionnement sur le four de recuit. L'électricien se dirigea vers l'armoire électrique pour traiter le problème. A ce moment, une déflagration se produisit. Les deux portes sautèrent. Suite à l'explosion, l'une des portes atteignit la victime (mécanicien) qui devait décéder immédiatement. L'électricien fut blessé et brûlé au bras et à une jambe. Schéma joint.

Cet exemple illustre la répercussion de l'objectif du retour d'expérience sur le résultat qui en est issu ; en l'occurrence, le même événement n'est pas relaté de la même façon selon que l'on s'intéresse aux atteintes potentielles de l'opérateur ou à celles de l'environnement. Or, l'objectif du retour d'expérience est généralement propre à l'organisation qui le conçoit ; en particulier, les objectifs des retours d'expérience effectués par l'intermédiaire des bases de données EPICEA et ARIA sont davantage d'apporter une aide à la décision au niveau des actions des CRAM et du ministère de l'environnement qu'au niveau des entreprises. Aussi en ce qui concerne ces dernières, cette catégorie de retours d'expérience a essentiellement une valeur « statistique », indiquant que les accidents de tels et tels types arrivent effectivement, éventuellement avec une idée de leur fréquence (la collecte n'étant cependant ni exhaustive ni homogène) et de leur gravité potentielle. L'objectif des demandes de recherche faites au BARPI par les entreprises est en majeure partie d'étayer les études de danger ou d'impact dans les dossiers de demande d'autorisation d'exploiter.

En revanche, les enseignements issus du retour d'expérience effectué par de tels organismes est accessible par les entrepreneurs, sous la forme des recommandations, guides ou compétences que développent différents organismes. A titre d'exemples, nous citerons d'une part les brochures éditées par l'INRS sur divers problèmes de sécurité et d'autre part l'expérience qu'acquièrent les ingénieurs conseil des CRAM. Passant d'une entreprise à l'autre, ils constituent, en quelque sorte, un vecteur de retour d'expérience[29], particulièrement pertinent en PME.

2.3.3.1.4 Le retour d'expérience collectif en interne

Sous cette appellation de retour d'expérience collectif en interne, nous désignons les regroupements d'entreprises partageant leurs expériences entre elles. Nous avons choisi l'exemple de l'association SECURACIER pour illustrer cette catégorie de retours d'expérience.

Il s'agit d'une association créée en 1986 regroupant sept entreprises co-fondatrices (six aciéries et un constructeur de matériel sidérurgique de la région Rhône-Alpes) et le Service Prévention de la CRAM Rhône-Alpes. Son origine s'explique par la survenue d'accidents graves accompagnant un bouleversement des procédés de fabrication. Parmi les résultats acquis par l'association, M. Motheré [MOTHERE 89 dans EMSE 00] son président, citait l'instauration d'un climat de confiance entre les entreprises, une collaboration plus concrète avec le service Prévention de la CRAM et la création d'une base de données ayant « pour objet de collecter, de mettre en commun les relevés d'incidents et d'accidents survenus lors de l'exploitation des fours d'élaboration des aciers et des moyens annexes d'affinage, l'analyse de ces incidents et accidents ainsi que les causes et les remèdes qui ont pu être apportés à cette occasion, constituant ainsi un stock de données dans lequel chaque partenaire soit à même de puiser selon ses besoins ».

Créée en majeure partie grâce à la conviction agissante de l'Ingénieur Conseil de la CRAM et au dynamisme de quelques chefs d'entreprises, cette association n'est malheureusement plus active depuis 1991, d'une part « faute de combattants », certains acteurs ayant été délocalisés, et d'autre part en raison de l'inquiétude des partenaires industriels lorsque la CRAM a souhaité étendre l'expérience à la France entière. Les statuts de l'association prévoient, en

[29] Propos tirés d'un entretien avec R. Cantin, ingénieur conseil de la CRAM.

effet, que « les entreprises adhérentes ont l'obligation morale d'alimenter la banque d'informations » alors qu'à une plus grande échelle une organisation plus lourde est nécessaire pour s'assurer que chacun donne et reçoive des informations fiables et pertinentes[30].

Cet exemple s'apparente en quelque sorte aux groupements d'entreprises que nous avons évoqués dans le premier chapitre et témoigne du fait que ce type de structure peut également être le siège de retours d'expérience.

Compte tenu de la rareté des accidents dans chaque PME prise isolément, la mise en commun de leurs informations est particulièrement utile. De plus, un tel regroupement permet une prise en charge collective, ou plus vraisemblablement par un tiers, d'une partie du processus de retour d'expérience.

2.3.3.2 Le rôle des acteurs dans l'organisation du retour d'expérience

Nous avons décrit le retour d'expérience comme une démarche comprenant les étapes suivantes :

- le recueil des données brutes,
- leur analyse,
- le traitement de l'information issue de cette analyse,
- la transmission et l'exploitation par les personnes concernées des enseignements.

Cette démarche est naturellement mise en œuvre par une organisation. Que ce soit au sein de l'entreprise ou d'une autre configuration, il est nécessaire que des données soient recueillies au niveau du terrain donc de l'expérience, directement par les acteurs de terrain sinon en les interrogeant. D'autres acteurs (que nous appellerons de façon génériques les responsables du retour d'expérience) analysent ces données et en général livrent les enseignements tirés à des décideurs, qui interviennent également en amont de la démarche lors de la conception du système de retour d'expérience. Cependant, la maîtrise de la communication et des informations est décrite par M. Crozier et E. Friedberg comme une source de pouvoir ; « L'organisation crée du pouvoir simplement par la façon dont elle organise la

[30] Propos issus d'une conversation téléphonique avec M. Motheré, président de l'association SECURACIER (mai 2001).

communication et les flux d'information entre ses unités et entre ses membres. » [CROZIER 77]. L'organisation du retour d'expérience n'échappe pas à la règle, ce qui complique sa mise en œuvre pratique.

2.3.3.2.1 La conception

La phase de conception du système (organisation et moyens) est bien sûre déterminante dans le fonctionnement futur du retour d'expérience. Si les responsables du retour d'expérience jouent le rôle le plus actif sur le plan technique, les décideurs sont les maîtres d'ouvrage du projets et interviennent au plan stratégique. Ils définissent les objectifs du retour d'expérience en termes de résultats attendus, ce qui conditionne le choix des expériences, des processus, etc. et les moyens à engager en termes de coûts.

C. Gilbert [GILBERT 99 b] recense les coûts imputables au retour d'expérience. Il mentionne notamment :

- le coût financier des moyens et ressources qui lui sont affectés,
- les coûts tant humains, sociaux qu'organisationnels, que génèrent la gestion des bases de données (qui mobilisent de nombreux acteurs à différents niveaux), la sensibilisation et le fait de faire redescendre l'information,
- et enfin des coûts socio-politiques, l'analyse des causes structurelles et conjoncturelles des incidents et accidents conduisant à des interrogations susceptibles de générer des tensions et de remettre en cause des compromis existants au sein des organisations.

L'efficacité du retour d'expérience dépendra de l'adéquation entre les moyens et les objectifs mais aussi de l'implication du niveau stratégique et de sa répercussion dans le reste de l'organisation.

2.3.3.2.2 La collecte

Quelle que soit la portée des enseignements attendus d'une expérience, limitée au niveau opérationnel ou remettant en question la stratégie de l'organisation, ses résultats se manifestent toujours sur le terrain et sont donc observables par les acteurs de terrain.

Au-delà de la conception et des méthodes de mise en œuvre du retour d'expérience, sa réussite, c'est à dire le fait qu'il remplisse ses objectifs, dépend en grande partie de la qualité de la collecte. Or, cette étape est souvent décrite comme la plus difficile car elle mobilise un nombre d'acteurs important, qui n'ont pas forcément la motivation de remplir cette tâche supplémentaire. Un certain nombre de biais sont ainsi mis en évidence au niveau du recueil des informations.

En premier lieu, la question se pose de savoir quelles expériences doivent être rapportées. Dans certains cas la réponse apportée par la conception du retour d'expérience est claire ; c'est le cas des accidents ou des incidents significatifs clairement spécifiés qu'il est obligatoire de rapporter (les incidents significatifs pour la sûreté dans l'industrie nucléaire dont les critères sont décrits dans des directives nationales en sont un exemple) ou du retour d'expérience se rapportant au fonctionnement de matériels identifiés. Cette réponse est moins claire lorsque le retour d'expérience s'intéresse à des expérience davantage intégrée à l'activité des opérateurs (incidents mineurs, bonnes pratiques, etc.). Ces expériences sont nombreuses et toutes ne peuvent donc pas être rapportées ; les acteurs doivent faire des choix. Ainsi pour R. Amalberti et C. Barriquault [AMALBERTI 99], les critères déterminant ce choix impliquent ce que les acteurs veulent rendre public, et ce qu'ils peuvent effectivement écrire dans le format du système de recueil.

En particulier, le principe de recueil par les acteurs est largement contrarié par la menace de sanction qui accompagne les fautes qui seront décelées parmi les causes de l'événement, ou les systèmes de récompenses en fonction de la réduction du nombre d'accidents [RINGSTAD 98]. Dans de nombreuses organisations, C. Gilbert [GILBERT 99b] constate que des efforts sont faits pour substituer progressivement la notion d'erreur à celle de faute, développer des structures de retour d'expérience hors hiérarchie afin de dissocier la démarche de recherche de responsabilité et de sanction de celle de retour d'expérience. Il n'empêche cependant que sur le plan légal, on ne peut garantir, en droit français, l'impunité juridique de l'auteur d'un rapport volontaire et que si la sécurité a été engagée, une sanction peut être décidée [AMALBERTI 99].

Mais, comme le soulignent C. Gilbert et I. Bourdeaux [GILBERT 99a], si la confiance est une donnée importante, il est également impératif que soit maintenu l'intérêt des acteurs à informer par le retour du retour d'expérience et que des enseignements soient effectivement profitables aux situations de travail. A. J. Ringstad souligne qu'un retour non pertinent peut augmenter les conditions d'erreurs et de comportements défensifs ; notamment, si le retour d'expérience devient un moyen de contrôle unilatéral, les acteurs de terrain répondront en manipulant l'information envoyée ce qui faussera le pilotage du système.

« La volonté de privilégier un contrôle direct, […] est une caractéristique dominante en PME » [MAHE 98]. Par conséquent, les dirigeants de PME sont informés voire également impliqués dans les incidents les plus importants lorsqu'ils concernent la production et sont

systématiquement au courant des accidents, compte tenu des démarches administratives que cela impose.

Aussi, au sein d'une PME, développer un système de retour d'expérience, dont le caractère formel va à l'encontre du fonctionnement habituel de la PME, semble peu pertinent et peu utile. A l'échelle d'un groupement de plusieurs entreprises, les chefs d'entreprise semblent à même de transmettre directement l'information, sans qu'il soit nécessaire d'instituer une organisation spécifique à l'intérieur de chaque entreprise. En revanche, dans ce cas, nous sommes confrontés à la faible disponibilité du chef d'entreprise notamment si la maîtrise des risques ne présente pas à ses yeux un intérêt fondamental. En revanche, l'essentiel des remarques relatives aux acteurs de la collecte (le choix de ce qui est collecté, la crainte d'une sanction juridique, le maintien de l'intérêt à collecter) sont applicables aux chefs des entreprises participant au processus de retour d'expérience.

2.3.3.2.3 L'analyse

Les responsables, ou les personnes en charge de faire fonctionner le retour d'expérience, organisent celui-ci de façon à favoriser le recueil de l'information au niveau du terrain et l'orientent de telle sorte qu'il fournisse des éléments utiles aux décideurs.

Ils sont chargés d'effectuer les analyses appliquées aux données, que nous avons classées en deux grandes familles, cliniques et statistiques, et dont dépend également la qualité des enseignements issus du retour d'expérience. Des biais liés aux traitements et éventuellement au stockage en base de données, s'ajoutent en effet à ceux du recueil de données.

Le récit rapporté est repris, sous une forme ou une autre, par les responsables du retour d'expérience qui lui impriment leurs propres modèles et doivent interpréter des données, quelquefois isolées de leur contexte. R. Amalberti et C. Barriquault [AMALBERTI 99] décrivent la chaîne d'encodage, de restitution et d'action d'un système de retour d'expérience utilisant une base de données, comme « une suite de systèmes cognitifs de représentations contraintes (l'affaire au départ, le rapporteur, l'encodeur sur le système, le support informatique, l'extrait du support, l'utilisateur final). La nature de l'histoire change à mesure qu'elle progresse dans la chaîne, au gré des systèmes cognitifs qu'elle traverse ». Nous pensons qu'un retour d'expérience directement associé à l'objectif qu'il cherche à atteindre (par exemple, dans notre cas à un outil d'analyse de risques ou de gestion des risques), peut réduire en partie ces biais en limitant notamment la manipulation des données.

En tout état de cause, C. Gilbert [GILBERT 99b] remarque que, même dans des secteurs où sa légitimité n'est plus remise en question, le retour d'expérience repose sur des actions volontaristes et la forte implication d'acteurs moteurs. Aussi, rejoignant le constat établi dans le premier chapitre vis-à-vis des regroupements d'entreprises, l'intervention d'un tiers compétent et moteur, semble primordiale dans le cas de la mise en commun d'un retour d'expérience.

2.3.3.2.4 Le traitement de l'information issue de l'analyse

Les étapes précédentes permettent essentiellement de fournir une image exploitable de la réalité, de sauvegarder l'information de façon à pouvoir la retrouver et de faire émerger des points significatifs, positifs ou négatifs, qui amènent une réflexion.

La richesse des enseignements issus du retour d'expérience dépend de la qualité des données brutes, de la façon dont l'analyse à su faire apparaître leurs aspects essentiels mais aussi de la phase de traitement et en particulier du niveau auquel il est réalisé.

Nous avons en effet vu que la finalité d'apprentissage du retour d'expérience peut s'envisager à différents niveaux : on peut par exemple corriger un point négatif mis en évidence ou reconsidérer le système dans lequel il s'inscrit et agir au niveau de ce système.

Aussi, le traitement de l'information est-il à la charge des responsables du retour d'expérience ou des décideurs, en fonction des objectifs retenus, du pouvoir de décision des responsables ou d'autres choix de l'organisation.

2.3.3.2.5 La transmission et l'exploitation des enseignements

Une fois les enseignements du retour d'expérience obtenus, la décision de les exploiter et le choix quant à la façon de le faire reviennent aux décideurs. Ceux-ci attendent une certaine qualité de ces enseignements en termes de degré de confiance à leur accorder mais aussi en terme d'utilité. Compte tenu des coûts parfois importants des modifications que peuvent entraîner les enseignements du retour d'expérience, J. Pariès [PARIES 99] souligne que les décideurs ne se satisfont pas de simples suppositions mais attendent des éléments de poids.

Il existe ainsi parfois un décalage entre les attentes du retour d'expérience, dont le concept n'est jamais remis en cause, et le gain qu'il permet d'obtenir en définitive, après qu'aient été prises en compte les différentes contraintes. Ce décalage explique le sentiment mitigé de C.

Gilbert[31] à la suite de l'enquête assez lourde basée sur des entretiens qu'il a réalisée : « Beaucoup d'acteurs insistent sur l'utilité du retour d'expérience et nous constations que ça n'allait pas forcément de soi. ». En particulier, C. Gilbert conclut que le retour d'expérience est conçu comme une activité de gestion des risques alors qu'aujourd'hui on devrait concevoir des politiques de retour d'expérience.

[31] Propos recueillis lors de l'intervention de C. Gilbert aux journées « Convergence et divergence des pratiques des retours d'expérience technique et humain », Paris, le 25 Janvier 2001.

2.4 Proposition d'un retour d'expérience adapté aux petits établissements industriels

Les caractéristiques de retour d'expérience que nous avons précédemment identifiées nous semblent suffisamment générales pour s'appliquer à tout type d'entreprise mais également assez précises pour discerner ce qui semble le mieux correspondre aux besoins des petits établissements industriels que nous avons définis et s'inscrire dans leur fonctionnement.

2.4.1 Caractéristiques et besoins des PME

Le premier chapitre a permis de mettre en évidence que l'effectif réduit des petits établissements industriels induit une faible structuration. Celle-ci favorise un contrôle direct par le chef d'établissement, une communication préférentiellement informelle et un apprentissage par l'expérience impliquant le développement de connaissances essentiellement tacites. Le rôle du chef d'établissement est central et sa faible spécialisation tend à le focaliser sur ce qu'il juge essentiel au fonctionnement de l'établissement, généralement dans l'urgence et dans une optique à court terme. En l'occurrence, la maîtrise des risques fait rarement partie des priorités du chef d'établissement, à moins qu'elle n'intervienne au plan économique, comme spécification d'un donneur d'ordre par exemple. Le processus de prise de décision est principalement initié à partir d'éléments concrets de niveau opérationnel, et ce processus est décrit comme intuitif et peu formalisé. Nous soulignons toutefois, que malgré une certaine suraccidentabilité, les petits établissements industriels subissent individuellement un faible nombre d'accidents.

D'autre part, en supposant que la démarche générale de la maîtrise des risques s'applique à toutes les entreprises, les besoins que nous identifions chez les petits établissements industriels se situent au niveau de l'analyse des risques et du processus de gestion des risques.

Au niveau de l'analyse des risques, le retour d'expérience peut permettre au chef d'établissement de se faire une idée des principaux scénarios d'événements non souhaités de

son établissement, de tenir compte des enseignements fournis par les accidents dans son domaine d'activité et de bénéficier des solutions efficaces existantes.

Au niveau du processus de gestion, le retour d'expérience peut fournir des indicateurs au chef d'établissement. Le suivi d'indicateurs nécessite une rigueur et une formalisation que les petits établissements industriels n'accordent généralement pas à la maîtrise des risques. Toutefois R. Amalberti et C. Barriquault [AMALBERTI 99] proposent un retour d'expérience dont le principe pourrait s'appliquer à ces établissements.
Les auteurs décrivent un retour d'expérience basé sur les incidents mineurs et utilisé comme un « thermomètre », un indicateur des dérives globales du système. Une forte augmentation des incidents mineurs informe de la transformation de l'entreprise par rapport au modèle prescrit et prédit un risque avenir. D'après les auteurs, « le REX doit donc conduire à une interrogation qui va systématiquement au-delà du dysfonctionnement observé ».
Dans le cadre des petits établissements industriels, le retour d'expérience sur incidents mineurs semble assez peu pertinent compte tenu de la mobilisation et de la culture de sécurité qu'il nécessite. En revanche, le principe d'utiliser des indicateurs de dérives peut être intéressant en particulier si ces indicateurs sont les pratiques observées dans l'entreprise.
Le chef d'établissement a généralement un contrôle direct sur son personnel, et il peut donc prendre la mesure des pratiques qui ont cours dans son entreprise par les moyens informels et intuitifs qu'il utilise habituellement. Les « bonnes pratiques » semblent, d'ailleurs, appartenir à ses critères de sécurité, puisqu'il place les mauvaises pratiques parmi les causes d'accidents [FAVARO 97].

Le chef d'établissement a ainsi accès à des indicateurs mais encore faut-il qu'il y ait recours. Dans le cadre du processus de gestion, la tâche ne se limite pas à fournir un outil mais à faire adopter une pratique ce qui requiert un réel investissement de la part du chef d'établissement.
Toutefois citant D. Bayart[32], M. Favaro [FAVARO 97] souligne que les outils « structurent les modes de pensée et les comportements dans les organisations, expliquent souvent les difficultés d'évolution que l'on impute à tort aux seules « mentalités », et constituent une « technologie invisible » dont on sous-estime l'inertie ». Aussi, nous proposons de fournir aux

[32] BAYART D., Des objets qui solidifient une théorie : L'histoire du contrôle statistique de fabrication. In CHARUE-DUBOC F. (dir.), *Des savoirs en Action*, Paris, l'Harmattan, 1995, pp. 139-173.

PME un outil de maîtrise des risques qui, une fois mis en œuvre, pourra agir progressivement sur les mentalités.
Compte tenu de son caractère obligatoire (article L 230-2 et décret du 5/11/01), l'analyse de risques est actuellement perçue comme un besoin par toutes les entreprises. Il s'agit, de plus, d'appliquer une démarche de façon ponctuelle ce qui ne remet pas en question la gestion du chef d'établissement comme pourrait le faire un outil de gestion des risques. D'autre part, l'objectif de l'analyse de risques est d'apporter une connaissance sur les risques de l'établissement, connaissance que doit naturellement prendre en compte la gestion des risques.

Ainsi nous pensons que pour être utilisé, l'outil à fournir doit correspondre à un besoin identifié par l'entreprise, en l'occurrence l'analyse des risques. L'analyse de risques permet de mettre en place des défenses en profondeur limitant les risques présents dans les situations de travail. Par le biais du retour d'expérience, l'outil d'analyse de risques peut également fournir à l'entrepreneur une référence à partir de laquelle il est possible de comparer ce qui se fait dans son entreprise à ce qui fonctionne ou a donné lieu à des accidents dans d'autres entreprises. Une fois qu'il s'est approprié l'outil, le chef d'établissement peut ainsi adopter une approche préventive basée sur l'observation des actions du niveau opérationnel en réaction aux bonnes pratiques reconnues par un ensemble d'entreprises de même activité et aux événements qui s'y déroulent.

2.4.2 Caractéristiques du dispositif de retour d'expérience proposé

Nous avons établi dans le présent chapitre que les besoins de maîtrise des risques débouchent sur des objectifs de retour d'expérience caractérisés par la nature des informations qui interviennent dans le processus (que ce soient les données utilisées, les informations issues de l'analyse des données ou les connaissances attendues). La nature de ces informations est dictée par les caractéristiques du retour d'expérience : processus de collecte et d'analyse de données, expériences prises en compte et organisation du retour d'expérience.

Nous appliquons ce principe pour définir les caractéristiques du retour d'expérience recherché en considérant que le besoin de maîtrise des risques visé est celui de l'analyse de risques. Nous nous plaçons dans un contexte où nous ne cherchons pas à doter l'entreprise d'un système de retour d'expérience supportant l'analyse de risques mais partons du principe que

l’entreprise ne dispose pas d’outil d’analyse de risques. Nous cherchons alors à lui fournir un tel outil en utilisant le retour d'expérience.

L’analyse de risques consiste à identifier les scénarios potentiels d’événements non souhaités et les barrières correspondantes. L’objectif du retour d'expérience est alors de fournir des informations relatives aux causes et conséquences des événements non souhaités de façon à augmenter la connaissance de l’analyste. Le retour d'expérience doit permettre d’identifier de nouveaux éléments et de faire partager les expériences et solutions éprouvées.

L’information intervenant dans le retour d'expérience est par conséquent relative aux événements accidentels mais aussi aux solutions apportées à tout niveau, y compris au niveau de la sécurité opérationnelle dont nous avons souligné l’importance en PME. Les causes et conséquences sont a priori davantage associées aux matériels, produits et activités qu’au fonctionnement propre de l’entreprise, bien que celui-ci intervienne dans les conditions d’exploitation des installations. Aussi, dans une première approximation l’information n’est pas spécifique à une entreprise mais à un domaine d’activité. Enfin, l’objectif principal étant l’identification de ces causes et conséquences à partir d’information essentiellement informelle (en contexte PME), l’information traitée est davantage diversifiée et détaillée que canalisée et globale.

1) Nous en déduisons donc les principales caractéristiques de retour d'expérience recherché. Les informations étant principalement informelles (absence de support) voire tacites (non exprimées), la **collecte** doit notamment s’effectuer selon un **processus ponctuel** c'est à dire s’intéressant à ce qui a été fait jusqu’au moment de la collecte et non en prévoyant que les opérateurs délivrent une information préétablie lorsque l’occasion se présente. Etant donné que nous cherchons à constituer un outil et non à alimenter un outil existant, la collecte doit être massive, dans un premier temps, pour constituer une base d’information, puis occasionnelle ou régulière pour enrichir cette base.
2) L’**analyse** de cette information vaste et détaillée est essentiellement **clinique**. L’analyse statistique est compromise par le nombre limité d’expériences au sein d’une entreprise et lorsque l’information provient de différentes entreprises, par le fait qu’il est difficile de garantir l’homogénéité des données à l’intérieur d’un même champ notamment parce que les conditions de fonctionnement d’une entreprise à l’autre ne

sont pas nécessairement identiques. Dans un souci de simplicité de mise en œuvre de l'outil, les résultats de cette analyse doivent être directement exploitables dans la démarche d'analyse de risques.

3) Les expériences à prendre en compte sont à l'évidence les événements accidentels, en particulier les **accidents et les incidents significatifs** car ils marquent la mémoire des différents acteurs qui constituent la principale source d'information. Les **expériences positives** sont naturellement associées à cette collecte et elles correspondent généralement à des barrières.
4) En ce qui concerne l'organisation qui met en œuvre le retour d'expérience, le regroupement d'entreprises de même activité semble la solution la plus favorable car le nombre d'expériences se trouve augmenté mais aussi parce que cette solution implique le recours à un tiers (ou la création d'une cellule) centralisant et prenant en charge une partie du processus. Elle procure ainsi une sorte de garant de la démarche dans des entreprises où la maîtrise des risques n'est généralement la fonction principale d'aucun membre du personnel (en particulier pour les petites entreprises).

En s'intéressant au niveau opérationnel, le retour d'expérience permet de tirer profit des conditions réelles d'exploitation et de la sécurité opérationnelle c'est à dire des actions développées par les opérateurs de façon à maîtriser les risques qu'ils rencontrent dans les situations de travail. A partir des informations fournies, la démarche d'analyse de risques permet quant à elle de reconstituer les scénarios des événements non souhaités et ainsi d'envisager des barrières à placer en amont (conception des équipements, formation, organisation de l'entreprise, exploitation des équipements) pour réduire les risques résultants (une fois mise en œuvre les barrières en profondeur) au niveau des situations de travail. Cette analyse peut également permettre une plus grande prise de conscience des risques de la part du dirigeant, soulignée par la réalisation d'événements non souhaités dans son entreprise ou celles d'entreprises de même activité à travers le retour d'expérience.

CONCLUSION

Les différentes définitions que l'on en donne, présentent le retour d'expérience comme un concept, un résultat, une démarche ou encore un dispositif, selon les objectifs de l'auteur. Dans le cadre de cette thèse, nous considérons le retour d'expérience comme une démarche répondant à l'objectif de tirer de la connaissance à partir de l'analyse d'événement(s) par l'intermédiaire d'un dispositif formel.

Si l'objectif de cette démarche est valable pour toutes les entreprises, les dispositifs existants ont généralement été conçus pour connaître le fonctionnement réel (par opposition au fonctionnement formel) des grands systèmes complexes et ne correspondent pas forcément aux spécificités des petits établissements industriels de notre terrain d'étude.
Afin de mettre à profit l'objectif de retour d'expérience pour la maîtrise des risques dans les petits établissements et de tirer parti des enseignements des grands groupes, nous avons recherché les caractéristiques de différents dispositifs de retour d'expérience dans le but de les exploiter au sein d'une démarche adaptée aux petits établissements.

Nous avons donc considéré les apports du retour d'expérience correspondant aux besoins de la maîtrise des risques. Nous avons défini celle-ci comme un ensemble d'actions que nous avons classées en trois catégories :

- les actions relatives à la prise de décision au niveau stratégique et tactique de l'entreprise et à sa gestion, auxquelles nous avons associé la gestion des risques ;
- les actions relatives à l'élaboration des matériels et produits, qui contribuent à la sécurité intrinsèque des installations,
- les actions relatives aux opérations proprement dites d'exploitation, de maintenance, etc., qui constituent la sécurité opérationnelle.

Nous avons alors recherché les objectifs de retour d'expérience qui pouvaient contribuer à ces différentes actions. Quatre catégories d'objectifs de retour d'expérience ont émergé de la liste d'objectifs que nous avons identifiés :

- suivre des indicateurs pour traduire une évolution ;
- apporter des éléments objectifs pour établir une estimation ;
- identifier ce qui s'est mal passé pour l'éviter ;

- identifier ce qui s’est bien passé pour le reproduire.

Chaque catégorie est ensuite modulée par les caractéristiques de l’information nécessaire au cours de la démarche de retour d'expérience ; cette information peut ainsi être continue, ponctuelle, propre à l’entreprise ou externe, approfondie ou statistique, relatives aux accidents, au fonctionnement de matériel ou aux bonnes pratiques.

Nous avons alors considéré que ces modalités informationnelles étaient obtenues à leur tour à partir de trois types de caractéristiques de dispositif de retour d'expérience :

- les **processus de collecte et d’analyse des données**, qui peuvent être réciproquement ponctuel ou continu et clinique ou statistique ;
- les **expériences** sur lesquelles porte le retour d'expérience : des événements accidentels, le fonctionnement de matériel, des activités ;
- le **type d’organisation** qui supporte le retour d'expérience.

D’autre part, la description réalisée à partir des connaissances du domaine, des actions que l’entreprise devrait mettre en œuvre en matière de maîtrise des risques, fait apparaître que les petits établissements industriels ne procèdent pas à des analyses approfondies de leurs risques susceptibles de mettre en évidence des barrières en amont de la situation de travail.

L’analyse de risques est un besoin de plus en plus reconnu par les entreprises, notamment pour des raisons réglementaires. Nous proposons donc un outil d’analyse de risques basé sur le retour d'expérience de façon à relier les risques à des éléments concrets, sur la base desquels le chef de petit établissement prend généralement ses décisions.

Le dispositif de retour d'expérience qui en résulte, met en jeu un processus de collecte ponctuel et massif de façon à constituer une base d’information susceptible d’être enrichie par la suite de façon régulière ou lorsqu’une occasion se présente. L’outil doit en effet être rapidement opérationnel et de mise en œuvre relativement simple. L’analyse clinique des données doit ainsi fournir des résultats directement exploitables dans la démarche d’analyse de risques. Le système d’information étant essentiellement informel, la mémoire des acteurs de l’entreprise constitue la principale source d’information. Dans ce contexte, les expériences prises en compte sont les accidents et incidents significatifs mais aussi les solutions mises en place et les bonnes pratiques. Enfin, l’organisation qui semble la plus pertinente est le

regroupement d’entreprises de même activité autour d’un tiers centralisant l’information et prenant en charge une partie du processus de retour d'expérience.

Ce processus de retour d'expérience défini de façon théorique a pu être expérimenté par le biais d’une étude menée en partenariat avec le CETIM et qui fait l’objet du chapitre suivant.

3 Réalisation d’un outil d’analyse de risques intégrant le retour d'expérience : Application à la profession du traitement thermique

La réalisation dont il est question dans ce chapitre, constitue l’application industrielle de cette thèse. Cette expérimentation consiste à bâtir un outil d’analyse de risques basé sur la connaissance de l’entreprise en matière de maîtrise des risques grâce à l’utilisation du retour d'expérience . Cette étape de notre travail se rapproche de la recherche-action, dans laquelle « une grande partie de l’information utilisée dans la recherche est produite lors d’interventions du chercheur au sein du phénomène qu’il étudie » [AVENIER 92]. Ce processus s’impose en fait fréquemment lorsque le phénomène étudié concerne les entreprises, que l’on ne peut facilement soumettre à des tests au seul gré du chercheur.

3.1 Les conditions de l’expérimentation

3.1.1 Intégration à une demande de développement d’une méthode d’analyse des risques

Le Centre Technique des Industries de la Mécanique (CETIM) rassemble un ensemble de compétences qu’il met à la disposition, selon des formes de financement variées, des professions ressortissantes de ce centre technique. L’étude décrite dans le présent chapitre a été réalisée au profit de la profession du traitement thermique à façon dans le domaine de la sécurité. Dans ce cadre, un groupe de travail « Sécurité en traitement thermique » a vu le jour ; il regroupe des membres d’entreprises cotisant pour le CETIM et du personnel de ce centre et gère les études menées sur ce thème. L’une de ces études porte sur le développement d’une méthode d’analyse des risques adaptée au traitement thermique. Le besoin exprimé par le groupe de travail est alors le suivant :

« La profession manque aujourd'hui d'un outil global d'analyse prévisionnelle des risques. Cet outil apporterait aux entreprises une aide importante lors de l'implantation d'un nouvel atelier de traitement thermique ou lors de l'acquisition d'un nouvel équipement.
La méthode doit permettre d'intégrer les risques liés à l'exploitation des produits et des équipements, et ceux dus à l'environnement et aux facteurs humains. Elle doit également prendre en compte la réglementation. » [CETIM 00]

Le CETIM a sous-traité la recherche et le développement de cette étude à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de St Etienne, en conservant sa direction. Nous avons alors utilisé cette opportunité pour développer la méthode attendue par le groupe de travail, sous la forme d'un outil d'analyse de risques s'appuyant sur le retour d'expérience.

Il faut également souligner que la profession des traiteurs à façon se prête dans un sens à l'élaboration d'un outil basé sur l'expérience et que d'un autre côté, elle présente des caractéristiques proches de celles des PME. Aussi, dans un premier temps, nous présentons la profession des traiteurs à façon au sein de laquelle nous sommes intervenus, ainsi que l'activité de traitement thermique, à laquelle sont en grande partie liés les risques.

3.1.2 La profession des traiteurs à façon

Le poids technique des traitements thermiques est décisif, aucune machine, aucun véhicule automobile, aucun avion ou engin aérospatial ne saurait fonctionner sans l'intervention des traitements thermiques. En revanche, sur l'ensemble de la mécanique, 10 à 20 % des organes subissent des traitements thermiques et le coût du traitement thermique représente environ 10 % de la valeur de la pièce finie. Aussi, en termes de volume d'emplois ou de chiffre d'affaires sur l'ensemble des activités de la mécanique, la profession représente une très faible part (quelques %). En ce qui concerne les activités de cette profession, il faut distinguer la part intégrée aux entreprises de la mécanique qui représente environ 80 à 85 % du total et la part des ateliers de sous-traitance ou de service. [LEROUX 95a]

C'est particulièrement à cette dernière catégorie d'ateliers, que l'on regroupe sous le terme de traiteurs à façon, que nous nous intéressons puisqu'ils sont les ressortissants du CETIM dont émane la demande de méthode d'analyse de risques.

La configuration de la profession des traiteurs à façon se prête à une étude sur les PME bien que l'on ait récemment assisté à un mouvement de concentration des entreprises. Actuellement, le groupe Bodycote Hit détient la majeure partie du marché ; il compte 1162 salariés[33] répartis dans 36 sites de production et son capital est passé sous contrôle britannique en 1997. Le groupe a alors pris le statut de société et l'ensemble des sites prennent aujourd'hui le nom de Bodycote Hit, alors que jusqu'à maintenant il s'agissait d'une société mère et de ses sept filiales, ce qui se traduisait par une plus grande indépendance à tout niveau. Le numéro 2 français, Thermi-Lyon, est une entreprise familiale de 250 salariés répartis dans 12 usines. Il existe ensuite une cinquantaine d'entreprises d'effectif compris entre 1 et 58 personnes, dont Thermi-Centre qui emploie 58 personnes réparties sur 3 sites et participe au groupe de travail de « Sécurité en traitement thermique ». A l'image du marché, ce groupe de travail repose d'ailleurs majoritairement sur les représentants du groupe Bodycote Hit.

Quel que soit leur statut juridique, nous constatons en fait, que les sites de production sont toujours de petite taille. Thermi-Lyon possède la plus grande usine, avec 83 personnes, et parmi ceux que nous avons visités, les plus grands sites de Bodycote Hit comptent une soixantaine de personnes. Ainsi, même à l'intérieur de ce groupe, qui s'éloigne de la définition des PME, la gestion de la sécurité s'apparente à celle observée chez les PME (chapitre 1). La gestion du groupe par centre de profit, le fait que les sites soient géographiquement assez distants et celui que l'émergence d'un niveau central de sécurité soit récente, sont des facteurs explicatifs de cette possible assimilation. Toutefois, le groupe est décidé à organiser la gestion de la sécurité, notamment grâce à la mise en place d'une cellule centrale et de relais au niveau local. Cet état de fait modifie les conclusions que nous pourrions faire si nous considérions de réelles PME mais il a en revanche grandement facilité le déroulement de l'étude.

Parmi les caractéristiques de la production, certaines ont des conséquences importantes sur la sécurité. En particulier, on constate souvent sur un même site une grande variété de traitements, de procédés et d'équipements traitant de petites séries voire des commandes unitaires, pour répondre à la demande de sous-traitance et de service. Sur le plan matériel,

[33] Les chiffres relatifs à la profession du traitement thermique sont issus du Kompass (Market 1 France, 06/07/01)

cette variété se traduit par la coexistence voire la proximité d'activités plus ou moins compatibles ainsi que par des adaptations in situ des équipements, quelquefois dans un respect moindre de la sécurité, ou par l'utilisation des équipements dans des conditions limites de leur fonctionnement. Les fours représentant un investissement important, ils peuvent être restaurés sur de longues périodes faisant intervenir et cohabiter des technologies offrant des prises en compte très différentes de la sécurité.

Cette cohabitation se traduit également au plan humain. Le personnel est généralement polyvalent bien que subsistent des activités qui requièrent un savoir-faire particulièrement important comme la plupart des manœuvres délicates des pièces de grandes dimensions, par exemple, ou des opérations manuelles « au jugé » comme la trempe en bain de sels ou le redressage manuel. Si aux jeunes, familiers de l'informatique des fours de plus en plus automatisés, s'oppose un personnel plus ancien et plus compétent dans la conduite manuelle de ces équipements, le savoir-faire tient globalement une place très importante impliquant une faible formalisation du travail et de ce qui s'y rattache.

La gestion de la sécurité relève généralement du directeur du site et du personnel chargé de la maintenance. Elle vient donc souvent s'ajouter à une charge de travail déjà entière ce qui implique parfois une action dans l'urgence sans grand recul ni vision à long terme.

Bien que les équipements et activités soient relativement semblables, il existe évidemment des disparités notamment dans les mentalités, attribuées selon les cas, au fait que l'usine soit neuve ou ancienne, à la mentalité du dirigeant, aux politiques de rémunération ou encore à une différence coutumière entre le nord et le sud de la France.

3.1.3 Le traitement thermique

Les opérations de traitement thermique sont destinées à modifier les caractéristiques des matériaux. Elles agissent principalement sur la dureté, la résistance à la rupture, la résilience ou la ductilité, mais aussi sur la résistance aux frottements ou à la corrosion, sur les propriétés magnétiques et la stabilité dimensionnelle. Une opération de traitement thermique consiste à faire subir au matériau un cycle thermique comprenant un chauffage selon une allure imposée, un maintien à une ou plusieurs températures, un refroidissement à une vitesse déterminée. [LEROUX 95b]

Les opérations de traitement thermique se caractérisent par une grande variété. Cette variété se situe en premier lieu au niveau de la nature des traitements. Les traitements thermiques se répartissent en deux grandes catégories : les traitements de durcissement et les traitements

d'adoucissement. Ils se classent également selon qu'ils ont pour effet de modifier en profondeur les propriétés du matériau dans la masse du produit traité ou superficiellement sur une profondeur limitée. Les traitements les plus courants sont le durcissement par trempe, le revenu, le recuit, la cémentation, la nitruration, etc.

La plupart des traitements thermiques sont réalisables à partir de différentes technologies généralement identifiées par le milieu dans lequel se fait le chauffage. Les principales sont les traitements sous atmosphère, faisant intervenir différents types d'atmosphères, les traitements sous vide, qui peut être considéré comme une atmosphère particulière, les traitements basse pression et ioniques, les traitements en bains de sels fondus ou de plomb, ou encore l'induction et les traitements par dépôts.

Enfin, on peut trouver des équipements dans lesquels plusieurs types de technologies sont envisageables et inversement plusieurs types d'équipements pour une même technologie afin de répondre à des besoins de production liés aux dimensions des pièces, au mode d'alimentation, etc. On distingue ainsi les fours à charge horizontale, de ceux à charge verticale ou des fours continus, ou encore des machines à induction, qui ont un mode de fonctionnement particulier.

Quels que soient le traitement, la technologie et l'équipement utilisés, les opérations de traitement thermique génèrent de nombreux risques liés notamment à l'utilisation de produits dangereux et à un large recours à la manutention dans des conditions rendues parfois difficiles en raison de la variabilité des pièces et en particulier de leurs dimensions. L'activité de traitement thermique est d'ailleurs classée en tant que telle au titre de la protection de l'environnement[34], ainsi que des opérations particulières comme les traitements en bains de sels fondus et en bains[35] de plomb, qui tendent à être remplacés par des technologies plus propres. D'autre part, un certain nombres d'activités annexes s'ajoutent à celles du traitement thermique, telles le dégraissage des métaux, le contrôle ou le parachèvement, elles mêmes à l'origine de risques et de réglementations.

[34] Installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n°2561 : « Métaux et alliages (trempe, recuit ou revenu) ».

[35] Rubrique n°2562 : « Bains de sels fondus (chauffage et traitements industriels par l'intermédiaire de) ».

3.2 Le déroulement de l'étude ou la réalisation de l'outil

L'étude a donc fait l'objet d'un contrat entre le CETIM et l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de St Etienne, et a été financée par une partie des cotisations de la profession du traitement thermique au CETIM. Elle a débuté en janvier 2000 et la seconde phase de l'étude s'est achevée en juin 2002.

Le déroulement de l'étude se découpe en effet en trois phases :

(1) la capitalisation de l'expérience en matière de sécurité en traitement thermique : le retour d'expérience initial,
(2) le développement de la démarche d'analyse des risques,
(3) la prévision de l'enrichissement progressif du retour d'expérience initial par un retour d'expérience itératif.

3.2.1 Le retour d'expérience initial

Nous avons initialement décidé (suite à une analyse préliminaire) que l'organisation de l'information qui nous intéressait se ferait par rapport aux équipements et à leurs risques. Ne connaissant pas le domaine du traitement thermique, nous avons orienté la recherche d'information à la fois dans une approche documentaire et sur le terrain. Les nombreux « allers-retours » entre ces deux types de sources, ainsi que les réunions avec le groupe de travail, nous ont été particulièrement utiles pour recadrer les connaissances et fixer les idées.

3.2.1.1 La collecte des informations

3.2.1.1.1 L'étude documentaire

Nous avons consulté trois types de documents approchant de façon diverse la technique et la sécurité des traitements thermiques.

La première catégorie est essentiellement consacrée à la technique ; on y trouve des ouvrages généraux [Techniques de l'ingénieur], ou spécialisés sur un point particulier (fluides de trempe) [ATTT 98], des articles de revues spécialisées (Revue « Traitement thermique ») ou encore les documentations commerciales des entreprises de traitement thermique.

Les risques sont relativement peu abordés, et souvent de façon générale ou synthétique. Ces ouvrages permettent en revanche de cerner l'ensemble des traitements thermiques même si leur niveau de détails dépasse largement nos besoins pour cette étude. En effet, compte tenu de la variété des traitements, des procédés ou encore des équipements dans lesquels les uns et les autres sont réalisables, l'objectif visé n'est pas l'exhaustivité mais une représentativité correcte (80%) de ce que l'on observe majoritairement sur l'ensemble de la profession du traitement thermique (voire du traitement thermique à façon compte tenu de l'échantillon de notre étude).

La seconde catégorie concerne les documents à visée réglementaire, normative ou informative, directement en lien avec la sécurité en traitement thermique et réalisés par des professionnels de la sécurité et non du traitement thermique.
Concernant la réglementation, le Code du travail et la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) regroupent une grande partie des textes auxquels sont soumises les entreprises de traitement thermique. L'information qu'ils contiennent est directement dirigée vers des mesures applicables se situant à un niveau général. A titre d'exemple, dans l'arrêté type n°2561 de la législation des ICPE, un paragraphe « Localisation des risques » invite l'exploitant à recenser « sous sa responsabilité, les parties de l'installations qui, en raison des caractéristiques qualitatives ou quantitatives des matières mises en œuvre , stockées, utilisées ou produites, sont susceptibles d'être à l'origine d'un sinistre pouvant avoir des conséquences directes ou indirectes sur l'environnement, la sécurité publique ou le maintien en sécurité de l'installation ». ainsi que la nature du risque présenté.
Des organismes tels que l'INRS[36] [FAYOLLE 01] fournissent des documents relatifs aux risques rencontrés dans les ateliers de traitement thermique. Ces ouvrages (ainsi que certains articles des revues spécialisées en traitement thermique) rendent très bien compte des différents dangers liés aux traitements thermiques, autant généraux (manutention, risques électriques) que spécifiques (liés aux produits utilisés ou aux types d'équipements). Ils restent cependant à un niveau suffisamment général pour s'appliquer à l'ensemble du traitement thermique. Leur objectif est davantage la sensibilisation aux risques et l'information se cantonne au niveau de l'identification des dangers.

[36] Institut National de Recherche et de Sécurité

La série de normes et projets de normes NF EN 746-1 à 8 [AFNOR 97] indique les prescriptions de sécurité que doivent respecter les équipements thermiques industriels, à titre général (norme NF EN 746-1) ou particulier (combustion, gaz d'atmosphère, bain de sel, traitement sous vide, équipements de trempe). Ces normes concernent plus directement les constructeurs de tels équipements mais doivent être également respectées lors de l'utilisation de ces équipements voire d'éventuelles modifications ou encore pour la mise en conformité d'équipements antérieurs à ces normes. Elles sont une source très riche d'information. Les définitions qui y figurent, constituent une référence au même titre que le glossaire de traitement thermique réalisé par l'association représentative de la profession [ATTT 94]. L'information est complète puisqu'elle associe le phénomène dangereux, la situation dangereuse à l'origine du phénomène et les mesures de prévention associées. Les phénomènes dangereux sont classés selon les catégories suivantes :

- conception générale (structure, accès, maintenance et nettoyage, éclairage, etc.)
- mécanique
- électrique
- thermique
- incendie et explosion
- engendrés par le bruit
- engendrés par les vibrations
- engendrés par le rayonnement
- engendrés par les matériaux et les produits
- ergonomique
- engendrés par la combinaison des risques
- engendrés par un dysfonctionnement
- engendrés par les dispositifs de protection manquants ou mal installés
- engendrés par une défaillance de l'alimentation en énergie, à la rupture d'éléments de machine et autres désordres fonctionnels.

L'ensemble constitue une check-list à la fois très complète et bien adaptée au traitement thermique. En revanche, l'organisation de l'information sous cette forme est davantage propice à la vérification qu'à l'analyse proprement dite. Ainsi, la profession du traitement thermique a ressenti le besoin d'une démarche d'analyse des risques adaptée bien que connaissant l'existence de ces normes.

Enfin, nous avons interrogé les bases de données de l'INRS et du BARPI, citées dans le chapitre précédent. Cependant, les informations fournies sont davantage descriptives que causales et l'exploitation de ces accidents sortis de leur contexte est difficile, d'autant plus que les objectifs des opérateurs de ces bases de données ne sont pas forcément ceux des

Industriels. En revanche, ces récits permettent de placer l'Industriel en face de la réalisation du risque, souvent dissimulé derrière sa potentialité et donc son inexistence.

Enfin, les documents internes des entreprises qui nous ont reçus, constituent la dernière catégorie de documents. Ils se présentent sous la forme de supports de formation, de fiches de sécurité (consignes) et fiches de données de sécurité (produits chimiques).
Les supports de formation nous ont été d'un grand secours en tant que novices dans le domaine du traitement thermique et de ses risques. Leur utilité apparaît en amont de l'analyse montrant ainsi les pré-requis en termes de connaissances nécessaires pour l'analyse des risques, effectuée de façon formelle par un observateur mais aussi par les opérateurs au moment de l'action.
Les fiches de sécurité contiennent des informations particulièrement précises et adaptées à notre problème mais se concentrent (bien entendu) principalement sur les mesures de sécurité. Enfin les fiches de données de sécurité sont une source d'information très spécialisée mais indispensable compte tenu de la diversité des produits et de la complexité des relations des produits entre eux et avec le reste de l'activité de traitement thermique.

Il ressort de cette étude, que des éléments très riches existent, mais leur utilisation est subordonnée à une connaissance de fond qui fasse le lien entre les niveaux de détails de l'information et les étapes de la réalisation du risque. Nous avons trouvé cette connaissance auprès des Industriels partenaires du projet.

3.2.1.1.2 Les visites de sites de production et réunions du groupe de travail

Nous avons visité neuf sites de production par l'intermédiaire des membres du groupe de travail, représentants des entreprises Bodycote Hit et Thermi-Centre. A chaque visite, guidée par ces membres, un enregistrement audio a été retranscrit pour conserver, sur un support écrit, les propos tenus lors de la visite et des photographies les illustrant ont été prises.

Le planning des visites a été défini lors d'une réunion du groupe de travail, par rapport aux caractéristiques des sites et de façon à avoir un panel complet et représentatif des équipements. Au cours de cette réunion, ont également été précisés les attentes des Industriels et les apports envisagés par les réalisateurs de l'étude.

La première visite a eu lieu le 10 février 2000 sur le site de Bodycote Hit à St Dié, sous la direction de deux membres du groupe de travail, Messieurs L. et D., responsables de la sécurité[37] au niveau du groupe. Hormis l'étude de la documentation, nous n'avions pas de préparation particulière, attendant de cette première visite de quoi nous forger un plan d'action pour les visites à venir. En fait, la visite a été orchestrée par nos hôtes, alternant les points théoriques et pratiques et ciblant notre attention sur deux types de matériels prédominant dans le groupe. Pour chaque matériel, nous avons passé en revue les risques qu'ils présentaient mais aussi (et surtout) les accidents qui avaient eu lieu ou auxquels on pouvait s'attendre. Compte tenu de l'intensité du contenu de la visite et de notre faible connaissance du domaine, la conservation des actes de la visite s'est avérée par la suite particulièrement utile. Certains éléments, pourtant énoncés dès cette première visite, n'ont pris du sens pour nous que bien plus tard, lorsque notre connaissance du domaine a été suffisante pour faire à la fois un lien entre les différents éléments et un tri parmi la quantité d'information recueillie.

A titre d'exemple, voici un extrait de l'enregistrement réalisé lors de cette visite. Nous avons sélectionné un passage en rapport avec le matériel pris en exemple dans la suite de ce chapitre. Seules quelques minutes ont été reprises ici ; la suite est présentée en annexe B.

« En partie chaude, vous n'avez rien d'autre que la porte avant. Quand on entre les pièces, on est au-delà de 750°C : on ouvre la porte, il y a une entrée d'air mais du fait que l'on est à plus de 750°C, il y a auto-inflammation des gaz.
Ici, on est dans la partie froide. Si on ouvre la porte, on a la partie froide qui contient des gaz de traitement, comme vous voyez brûler là, donc là on va créer un mélange de gaz explosif avec de l'oxygène. Si on a rien pour éviter ça, inévitablement ça explose (les gaz de traitement contiennent 40% d'hydrogène.
Donc qu'est qu'on fait pour éviter ça ? Quand on ouvre la porte on a un élément de sécurité qui est la veilleuse, qui va enflammer une rampe de gaz. Cette rampe de gaz va créer un écran de flammes qui fait que l'air entrant et le gaz sortant vont être automatiquement enflammés avant qu'il n'y ait explosion.
Un cas d'incident c'est en cas de défaillance du système de sécurité qui nous protège de l'explosion. Ça ne peut avoir lieu que dans la partie arrière ce qui fait que, normalement, il n'y a rien derrière les fours à part les murs. Mais ici, nous sommes dans une implantation de

[37] D'importantes modifications de structure ont eu lieu au sein du groupe Bodycote Hit au cours notre étude, les fonctions de nos interlocuteurs changeant elles aussi. Aussi, bien qu'ils aient eu des fonctions quelque peu différentes, notamment parfois en termes de niveaux hiérarchiques, nous nous contenterons ici de leur attribuer une fonction générique de « responsable de la sécurité » sans préciser le niveau hiérarchique ou géographique ni d'autres fonctions éventuelles.

type productif et non sécuritaire, mais on s'arrange en général pour qu'il n'y ait pas d'opérateur qui travaille ni de panneau débitmétrique des gaz. »

Les visites se sont poursuivies par deux sites de Bodycote Hit, les 21 et 22 mars 2000 à Condé sur Noireau et St Aubain les Elbœuf , sous la direction d'un troisième membre du groupe de travail Monsieur M., également responsable de la sécurité à un niveau central. Ces visites, d'organisation similaire à la précédente, nous ont apporté d'autres informations sur un plan informel par la présence au cours de la visite du directeur technique dans un cas, et du directeur de site dans l'autre. Nous avons alors pu constater que, à connaissance des matériels et des accidents égale, la prise en compte du risque était radicalement différente de celle des responsables de la sécurité, et conforme à la représentation a posteriori identifiée par M. Favaro (chapitre 1). « Ce ne sont pas des fours dangereux si la maintenance est bien faite, les opérateurs sont formés. Il faut leur faire peur. Moi, je leur ai fait peur : j'ai shunté les sécurités, et j'ai ouvert (bon, avec un taux d'hydrogène faible, je tiens à mon four) » (ce qui crée une explosion susceptible de repousser, voire d'arracher la porte, posée sur ressort).

Le 3 avril 2000, nous avons visité le site de Bodycote Hit à Gennevilliers, sous la direction d'un quatrième responsable de la sécurité au niveau central, M. B.. Bien que la démarche de la visite ait été similaire, nous avons pu apprécier la différence d'approche liée à la personnalité et à la culture professionnelle de nos interlocuteurs. Cet aspect s'est confirmé lors des visites suivantes avec les mêmes interlocuteurs dans des sites différents (Bodycote Hit Chassieu avec Monsieur D. et le responsable de la maintenance du site le 19 octobre, Neuilly-en-Thelle avec Monsieur B. le 29 novembre et Billy-Berclau avec Monsieur L., son relais sur le site et le directeur technique, le 30 novembre 2000). Nous apprenions, en fait, autant à changer de sites que d'interlocuteurs par la richesse des points de vue qu'ils nous apportaient. Qui plus est, au bout de plusieurs visites avec un même interlocuteur, nous revenions rapidement sur les mêmes considérations alors qu'un nouvel interlocuteur nous apprenait toujours de nouveaux éléments, y compris sur des sujets déjà abordés. Ainsi, il nous semble que, la capitalisation de l'essentiel de la connaissance du domaine passe par l'interview de la majorité des experts plutôt que par le nombre de sites visités. Il est donc particulièrement important de pouvoir identifier en premier lieu les experts du domaine, ce qui a été grandement facilité dans notre cas par l'existence du groupe de travail. Nous pouvons toutefois regretter qu'un plus grand nombre d'entreprises, et donc d'experts, n'aient

pas participé à ce groupe de travail, mais ce fait témoigne probablement de la faible mobilisation des PME autour des questions de sécurité.

Le 25 mai 2000, nous avons visité le site d'Amboise de Thermi-Centre, sous la direction du directeur de ce groupe, et membre du groupe de travail, et du responsable de la qualité. Alors que nous avions préparé une liste de questions précises dans l'esprit de ce à quoi nous avaient habitués les représentants du groupe Bodycote Hit, nous avons été confrontés à une représentation différente, toute aussi soucieuse de la sécurité, mais davantage gestionnaire que technique. Alors que dans le cas de Bodycote Hit, les questions de sécurité sont fortement liées à la maintenance, la sécurité est davantage rapprochée de la qualité dans le cas de Thermi-Centre avec une préoccupation bien moindre des aspects techniques très précis sur lesquels portaient en grande partie notre approche. Ainsi, la visite a été particulièrement intéressante par l'accès à cette autre réalité du traitement thermique. En revanche, les informations que nous y avons recueillies ont été plus difficilement exploitables. Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, les facteurs techniques constituent l'essentiel des retours d'expérience existants car ce sont ceux qui posent le moins de problèmes au niveau de leur recueil. En l'occurrence, ce sont également ceux dont le contexte est suffisamment facile à identifier, pour être transposables d'une entreprise à l'autre. D'autre part, étant donné que nous abordions les équipements par les accidents que l'on peut leur associer, les équipements ne présentant pas de risques très spectaculaires ou dont aucun accident n'est connu, sont plus difficiles à aborder. Or, plus l'entreprise est petite et moins elle comprend d'équipements et ne connaît, logiquement, d'accidents.

Le 15 juin 2000, nous avons fait part de nos avancées lors d'une réunion du groupe de travail et transmis les informations que nous avions compilées afin que les représentants en vérifient le contenu et en valident la forme. Ce travail long et fastidieux n'a pu être réalisé facilement par les membres du groupe. En fait, nous avons passé une journée à reprendre l'ensemble du document avec Monsieur D. ; ce travail conjoint nous a montré l'importance de la validation des informations mais aussi de la présence des auteurs de la retranscription des informations, autant pour préciser l'intention de l'auteur que pour recueillir la réaction souvent très éclairante de l'expert.

Lors des réunions suivantes du groupe de travail, les 25 octobre 2000 et 14 mars 2001, nous avons pu constater l'évolution de la prise en compte de nos propositions par nos

interlocuteurs. Nous sommes, en effet, initialement partis d'une demande de leur part, que nous avons dû nous approprier mais que nous avons fatalement modifiée par le biais de nos propres connaissances, objectifs et contraintes. La mise en communication des deux parties et une meilleure connaissance des individus ont permis progressivement la compréhension des besoins des uns et des propositions des autres. Il n'y a pas eu de changements radicaux de point de vue de part et d'autre mais une lente appropriation d'idées externes. Contrairement aux grandes entreprises qui développent leurs propres outils, en fonction d'objectifs propres mais aussi communs, le développement d'outils à l'usage des PME ou plus généralement dans notre cas d'un groupement d'entreprises, est confronté de façon plus cruciale à la question des besoins. Les personnes qui réalisent l'outil, sont en général externes aux utilisateurs et doivent identifier leurs besoins. Les besoins les plus facilement identifiables de l'extérieur sont ceux qui proviennent de la demande exercée par la réglementation mais ils ne correspondent pas forcément aux besoins réellement identifiés par les intéressés[38]. En revanche, la personne réalisant l'outil a également un rôle à jouer dans l'identification de leurs besoins par les intéressés. Ainsi, le développement d'outil ne peut se faire qu'au plus près des bénéficiaires, avec eux, et en réponse à des besoins précis et identifiés. Chaque groupement étant différent, il semblerait que de nombreux outils « au cas par cas » soient préférables à une solution globale et uniforme pour tous.

La dernière visite s'est faite hors du contexte du groupe de travail, le 14 mai 2001 sur le site de Bodycote Hit à Pusignan, sous la direction du responsable de la maintenance des équipements sous vide hors région parisienne. Cette visite nous a apporté des éclaircissements, selon le principe de changement de point de vue que nous avons évoqué, mais elle nous a également permis d'échanger sur le retour d'expérience au sein du groupe Bodycote Hit. Monsieur J. constate, en effet, que si les 36 usines ont à peu près toutes les mêmes équipements, les chargés de maintenance ont tous plus ou moins résolus leurs problèmes à leur façon, chacun évoluant alors dans une optique différente. Il n'y a pas de transfert d'information d'un site à l'autre ; les gens n'ont pas l'idée de faire profiter les autres, mais de plus, ils n'adhèrent pas forcément à une solution extérieure. De plus, chacun achète dans son coin et voit son intérêt au niveau local ayant établi des liens privilégiés avec tel ou

[38] A titre d'exemple, un membre du groupe de travail précisait que ce groupe avait préféré fonctionné, dans un premier temps, sans les autorités administratives (CRAM, INRS, DRIRE, etc.) « afin de ne pas mettre la pression sur ce dont nous avions réellement besoin ».

tel fournisseur. Monsieur J. et les autres responsables de sécurité et de maintenance, jouent en quelque sorte le rôle de relais de retour d'expérience mais ils sont confrontés à une certaine passivité voire une réticence vis-à-vis du retour d'expérience. Le recueil d'information est parfois mal vécu, avec l'impression qu'une fois qu'ils auront dit tout ce qu'ils savent, ils pourront être « remerciés ».

Pour illustrer le désintérêt du retour d'expérience, Monsieur J. cite le cas particulier d'un four sur lequel un problème avait été identifié. Un courrier a été envoyé à tous les responsables de maintenance des sites qui possédaient un tel four leur demandant de décrire les problèmes qu'ils avaient rencontrés sur cet équipement car un recours allait être entrepris auprès du constructeur. Or, seules deux personnes ont répondu, en dépit des relances. Monsieur L. constate, quant à lui, que le personnel des sites n'a pas le réflexe de faire appel au service sécurité du niveau central, donc indirectement ne ressent pas le besoin de profiter du retour d'expérience disponible. Cependant, il note également que cette tendance s'inverse depuis que les sites (centres de profit) participent financièrement au service sécurité : « après tout puisqu'on le paye, on va l'utiliser ». Il semble ainsi que, alors que le retour d'expérience, en matière de sécurité et de maintenance, apparaît comme une solution naturelle pour les personnes chargées de la gestion de ces activités à un niveau global, il ne s'impose pas de la même façon auprès des utilisateurs potentiels.

3.2.1.2 L'organisation des informations

Lors du recueil des informations, la nécessité de les organiser s'est rapidement imposée, afin de nous fournir des points de repère par rapport à notre avancement et de cibler l'information qu'il nous restait à collecter. Nous avons alors recherché une organisation qui nous permette de réutiliser directement les informations afin d'éviter une double manipulation de celles-ci. Nous avons donc été amenés à faire des choix d'ordre technique et d'ordre conceptuel.

Sur le plan technique, nous avons adopté le principe d'utiliser une base de données comme support à la fois au recueil de l'information et à l'utilisation de la démarche d'analyse des risques, ce qui a imposé le principe de l'étude tel qu'il est schématisé sur la Figure 9.

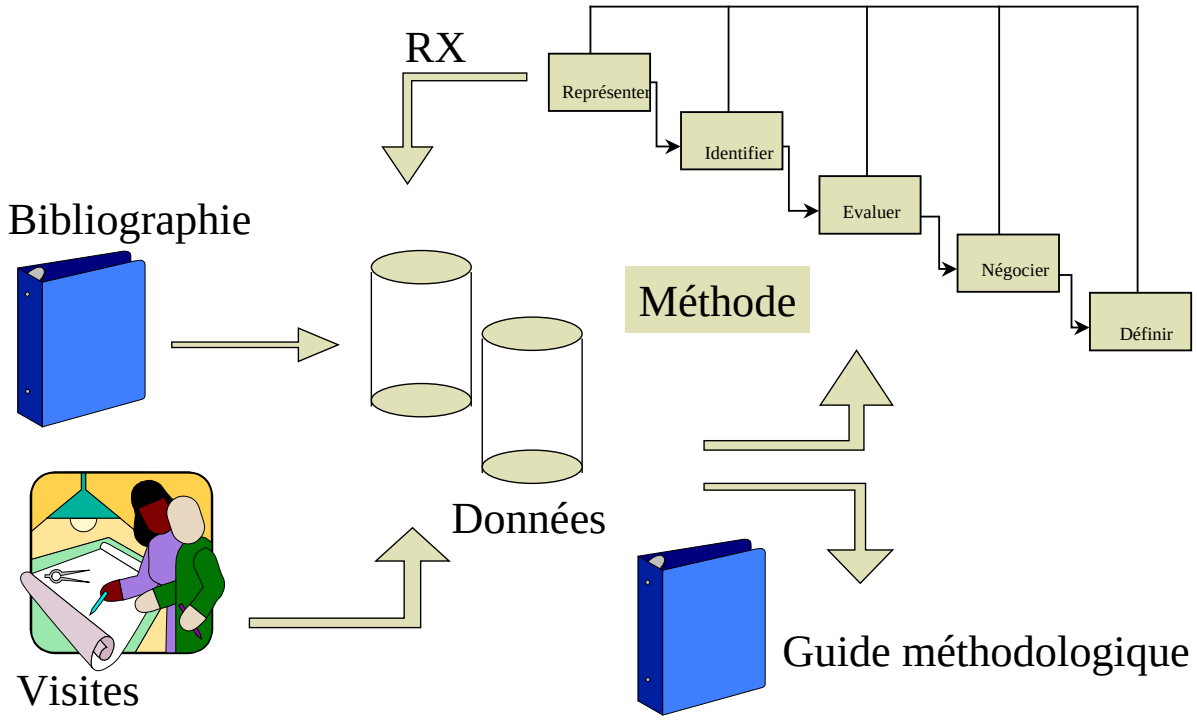


Figure 9 : Schéma de principe de l'étude

Les informations issues de l'étude bibliographique et des visites de sites, sont introduites dans une base de données et constituent un retour d'expérience initial. Celui-ci permettra de mener les analyses de risques en support de la démarche d'analyse définie dans un guide méthodologique, et il sera enrichi par les études d'analyse de risques menées ultérieurement.

D'autre part, sur un plan conceptuel, nous avons dû choisir le type d'informations à retenir et son organisation à l'intérieur de la base de données ce qui nous a amené à adopter un modèle d'accident.

Nous avons choisi le modèle MADS (Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des systèmes) [DOS SANTOS 93], basé sur une approche systémique du danger et représenté sur la Figure 10.

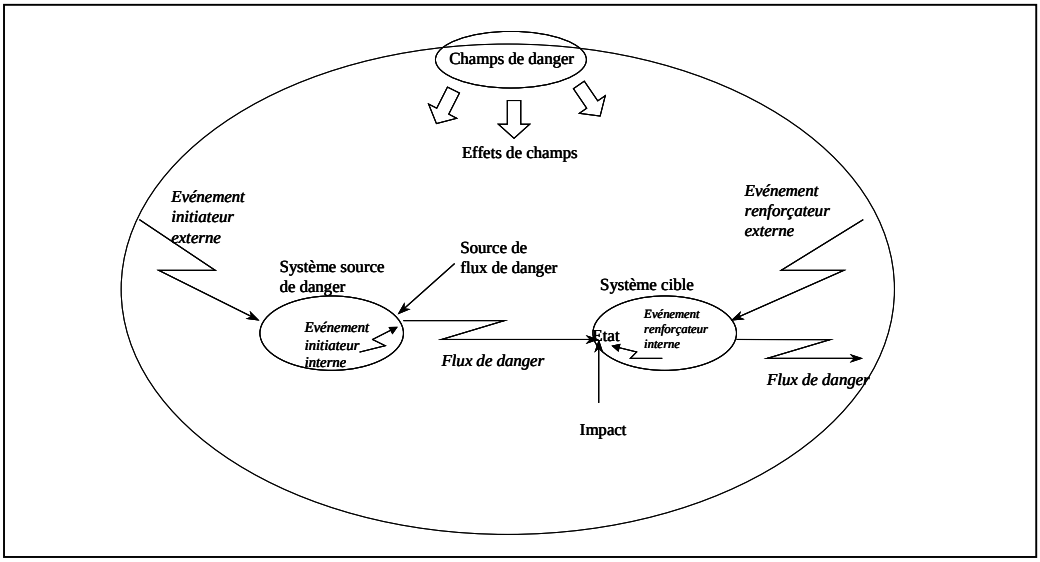


Figure 10 : Modèle du processus de danger MADS

Dans ce modèle, le danger est un processus faisant intervenir un flux de danger issu d'un système source, qui atteint un système cible sur lequel il provoque un impact. La libération du flux de danger est provoquée par un événement initiateur externe ou interne au système source. Cette libération de flux constitue un événement non souhaité.

Parallèlement à la capitalisation des connaissances, nous avons ainsi réfléchi à la démarche d'analyse de risques proprement dite.

3.2.2 Elaboration de la démarche d'analyse des risques

Nous employons le terme de « démarche » en référence à la distinction qu'opère M. Liu [LIU 92] entre les termes « démarche » et « méthode ». Il définit la méthode comme un ensemble de règles qui, si elles sont correctement appliquées garantissent l'obtention d'un résultat. La démarche ne s'oppose pas aux méthodes ; au contraire, elle les reconnaît et les utilise, mais n'en est pas prisonnière.

Aussi, faisons nous une distinction entre la méthode d'analyse de risques dont nous nous inspirons, la méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques) développée par P. Périlhon au CEA [PERILHON 00], et la démarche que nous proposons dans le cadre du traitement thermique. Cette démarche fournit à l'utilisateur une structure méthodologique, issue de MOSAR, et des informations utiles pour faciliter son analyse, issues

du retour d'expérience. Elle utilise donc la méthode MOSAR mais en proposant des ponts avec des analyses antérieures.

3.2.2.1 La formalisation des informations

La formalisation des informations collectées, sous leur format d'utilisation dans le cadre de la démarche d'analyse de risques, correspond à l'étape de traitement de l'information du processus de retour d'expérience. Elle doit à la fois conserver la valeur des informations initiales et répondre aux besoins de la base de données. En ce qui nous concerne, nous avons relevé trois de ces besoins : l'idée directrice, le vocabulaire et le niveau de formalisation, compromis entre un caractère générique et spécifique.

1) L'idée directrice

L'idée directrice de la formalisation permet à la fois de remplir l'objectif assigné à la base de données et de donner les critères de pertinence quant aux informations à retenir. Comme nous l'avons vu, la fiabilité des enseignements tirés (soit indirectement dans notre cas, les résultats de l'analyse) dépend de la justesse et de l'exhaustivité des informations collectées mais également de leur pertinence dans le cadre de l'utilisation qui en est faite.

Nous avons, en effet, recueilli une masse d'informations a priori fort utiles et pourtant difficilement utilisables à l'état brut. Dans un premier temps, nous n'avons qu'accumulé de l'information, jusqu'à ce que nous décidions de la démarche d'analyse de risques que nous souhaitions proposer et donc en premier lieu suivre. L'information accumulée a cependant été déterminante, au même titre que le choix de la méthode d'analyse des risques de référence, dans la définition pratique de cette démarche. Une fois le modèle d'organisation des données défini, nous avons à la fois mieux pu orienter notre recueil d'information et commencer la transformation de récits linéaires en un ensemble de données structurées.

2) Le problème de vocabulaire

Le problème du vocabulaire est apparu, dans un premier temps, au niveau des termes spécifiques au domaine du traitement thermique. Il existe heureusement des ouvrages, tels qu'un glossaire du traitement thermique [ATTT 94] ou les normes 746, qui offrent une base de référence. Même s'ils n'empêchent pas, au niveau local, l'utilisation de termes multiples notamment pour les équipements (et en particulier les appellations propres à chaque entreprise voire site de production), ils offrent un panorama de l'ensemble des termes et un point de

discussion très utile avec les professionnels et permettent de trancher quant aux termes à retenir officiellement.

De façon plus inattendue, ce problème a également concerné les termes spécifiques au domaine de la sécurité. Etant donné que la base de données utilise des expressions indépendantes et non des phrases, une attention particulière a dû être accordée au choix des termes employés. Par exemple, l'adjectif « inflammable » est défini par Le Petit Larousse illustré 1999 comme « qui s'enflamme facilement » mais cette définition devient insuffisante lorsque l'on s'intéresse aux causes et donc aux mécanismes de la combustion. Ainsi, si l'on considère des liquides ou des gaz peu inflammables ou particulièrement inflammables, les conséquences en termes de sécurité ne sont pas les mêmes. La base de données demande donc des expressions précises, mais plus la précision augmente et plus augmente avec elle la complexité, la lourdeur de la structure.

3) Le niveau de formalisation

Les points précédents contribuent à expliquer la nécessité d'un compromis entre un niveau générique permettant de structurer l'information et un niveau de détails suffisant pour donner une certaine valeur à la base de données.

Nous cherchons à rassembler des informations issues de l'expérience. Or, il est impossible de prendre en compte de façon exhaustive l'ensemble des cas, parce que leur recueil serait une entreprise particulièrement vaste et l'utilisation d'un trop grand nombre de cas difficile. Le fait d'utiliser des « scénarios génériques » permet non seulement de structurer les différents cas ; mais aussi d'obtenir une meilleure représentativité à nombre de cas égal.

Par exemple, nos interlocuteurs nous ont fait part d'un grand nombre de scénarios d'explosion, tous différents les uns des autres mais à divers degrés. Les séquences chronologiques de ces accidents correspondent à autant de cas spécifiques dont il est difficile d'évaluer l'exhaustivité. En revanche, si l'on considère que l'explosion est la résultante de la présence simultanée de combustible, de comburant et d'une quantité d'énergie suffisante, on englobe un certain nombre de cas. Ce schéma sert alors de scénario générique à partir duquel on peut organiser les informations issues des différents accidents mettant en jeu une explosion.

Bien que ce niveau générique paraisse plus simple car plus limité, son accession n'est pas directe ; il nous a fallu posséder une maîtrise suffisante des informations et une bonne idée des processus physiques pour prendre le détachement nécessaire à sa réalisation.

En ce qui concerne les processus de danger, le concept de l'arbre des défaillances nous a apporté la possibilité de réaliser facilement ce compromis entre niveaux générique et spécifique, en partant de quelques points clés que l'on développe jusqu'au niveau souhaité.

3.2.2.2 Adaptations de la méthode MOSAR

Lors de l'établissement de la démarche d'analyse des risques de traitement thermique, un certain nombre de modifications ont dues être apportées aux outils proposés par la méthode MOSAR. Nous rappelons brièvement les principes de la méthode pour situer ces modifications.

Première étape

La première étape que propose MOSAR est la modélisation de l'installation à partir des documents la concernant et de son observation directe. Il s'agit de la décomposer en sous-systèmes, homogènes du point de vue des risques, et tels que l'on puisse générer des scénarios d'interférence ou de proximité entre les différents sous-systèmes.

En ce qui nous concerne, nous ne disposons pas exactement d'une installation réelle mais d'un panel d'équipements susceptibles de composer l'une d'elles. Etant donné que nous n'en avons qu'une connaissance individuelle, nous avons considéré que chacun d'eux constituent un sous-système. Ne pouvant pas considérer chaque équipement de traitement thermique, d'une part parce que nous n'en avons pas une connaissance exhaustive d'autre part parce qu'il devient difficile de gérer un trop grand nombre de sous-systèmes, nous avons réalisé une typologie des équipements de traitement thermique nous permettant de décider de ceux que nous prendrons en considération.

D'après nos partenaires Industriels, la typologie devait se baser en premier lieu sur la conception des équipements plutôt que sur la technologie qui y est employée car une même conception d'équipement peut abriter différentes technologies, mais aucune typologie existante ne faisait l'unanimité. De proche en proche, nous avons obtenu une répartition de l'essentiel des équipements ralliant l'ensemble des experts interrogés. A partir de celle-ci, nous avons sélectionné les matériels à la fois discriminants et majorants vis-à-vis des risques présentés. Nous avons ainsi retenu onze équipements de traitement thermique proprement dit (sur la centaine d'équipements que comprend la typologie) et sept sous-systèmes annexes permettant d'avoir une vision plus complète de l'activité générée par un atelier de traitement

thermique. C'est à partir de ces sous-systèmes que pourra alors être décrite l'installation de l'utilisateur.

Deuxième étape

Dans un second temps, la méthode MOSAR prévoit l'identification des sources et des processus de danger. Elle propose pour cela une grille de typologie des sources de danger et un tableau reproduisant la progression du processus de danger défini par le modèle MADS.

La grille, qui fait office de check-list, désigne des systèmes sources dont elle précise le danger (par exemple, systèmes sources de toxicité et d'agressivité), regroupés sous huit rubriques :

A- Systèmes sources de danger d'origine mécanique ;
B- Systèmes sources de danger d'origine chimique ;
C- Systèmes sources de danger d'origine électrique ;
D- Systèmes sources de danger de développement d'incendie ;
E- Systèmes sources de danger liés aux rayonnements ;
F- Systèmes sources de danger de nature biologique ;
G- Systèmes sources de danger liés à l'environnement actif ;
H- Systèmes sources de danger d'origine économique et sociale.

Quant au tableau des processus de danger il prend la forme présentée par le Tableau 3 :

Types de systèmes sources de danger	Phases de vie	Evénements initiateurs		Evénements initiaux		Evénements principaux
		Externes (environnement actif)	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Exemple : A3 Propane Vannes, soupapes	Exploitation	**Erreur de remplissage** Choc, givrage, obstacle	Dysfonct. vanne prélèvement	Blocage	Débit trop grand	**Sphère trop pleine.** Fuite

Tableau 3: Tableau de la méthode MOSAR

On remplit la colonne (1) à partir des sources de danger précédemment identifiées à l'aide de la typologie des sources de danger. La colonne (2) permet de préciser des dangers qui n'apparaissent que dans certaines phases de vie. Ligne par ligne, on recherche les événements

initiateurs, qui peuvent être d'origine interne (3) ou externe (4) au système source de danger, et engendrer les événements initiaux (5) et (6). La chaîne événements initiateurs / événements initiaux génère des événements principaux (7).

Cet outil permet de générer un ensemble d'événements et leurs enchaînements pouvant avoir des effets non souhaités sur des cibles qui ne sont pas encore identifiées. L'analyste se sert des identifications d'événements pour construire des chaînes plus ou moins longues d'enchaînements. Cet outil favorise la créativité en permettant un raisonnement libre de l'analyste à partir de la liste exhaustive des éléments sources de danger de son installation.
En revanche, ce qui favorise le raisonnement libre et l'analogie n'est pas forcément propice à une organisation stricte des informations permettant un mode de génération davantage automatique. Compte tenu de nos objectifs, nous n'avons donc pas utilisé directement ces outils.

Notre intention était en effet, de proposer une pré-analyse des risques que l'utilisateur puisse s'approprier et modifier au gré de son installation. Nous devions alors fournir une somme de données directement utilisables car sous le format de l'analyse, mais aussi être capables d'expliciter les mécanismes par lesquels nous obtenions ces résultats afin que l'analyste puisse véritablement utiliser les données en fonction de sa propre application en suivant les étapes d'une méthode générique.

Nous avons alors, dans un premier temps, utilisé la grille et le tableau de la méthode MOSAR pour réaliser notre pré-analyse. Comme l'illustre un exemple de tableau développé pour un équipement et présenté en annexe C, à l'échelle où nous l'utilisons c'est à dire suivant le principe qu'un équipement constitue un sous-système, le tableau permet de recenser des informations précises mais dont les divers niveaux de causalité sont organisés de façon un peu anarchique. De ce fait, l'identification de processus complets de danger à partir du tableau nécessite une part de créativité difficilement explicitable et reproductible.

De plus, une fois les processus obtenus, s'est posé le problème d'une organisation suffisamment cohérente pour qu'un utilisateur puisse se retrouver facilement parmi les différents processus. Nous avons alors pensé les organiser en fonction du danger qu'ils représentaient ; neuf dangers ont facilement émergé de notre étude documentaire, apparaissant comme le spectre des dangers inhérent à l'activité de traitement thermique. Il s'agissait de :

- l'explosion,
- l'incendie,
- l'intoxication,
- l'asphyxie,
- la pollution,
- les blessures,
- les brûlures,
- l'électrisation,
- l'inconfort.

Cependant, s'il est vrai que l'aboutissement de chacun des processus de danger figurait bien parmi ces dangers, certains pouvaient correspondre à plusieurs d'entre eux selon le degré du développement du processus. Un processus d'explosion peut, par exemple, également faire partie d'un processus conduisant à blesser ou brûler des personnes. Dans cette optique, il était envisageable de classer les processus en prenant le parti des causes (explosion, incendie, émanations de produits, etc.) ou celui des conséquences(blessures, intoxication, pollution, etc.) mais en gardant toujours une part d'ambiguïté sur le choix de l'un ou de l'autre.

Ces raisons nous ont conduits à nous référer directement au modèle MADS et à distinguer de façon plus formelle les notions d'événement non souhaité, de flux et d'impact.
Partant d'un ensemble de processus de danger, nous avons déterminé une liste d'événements non souhaités (28 au total) tels qu'ils aient au moins une conséquence directe sur l'homme, le milieu naturel et le matériel, et que leurs causes reprennent tous les processus identifiés. La Figure 11 représente le principe d'organisation des informations que nous avons utilisé pour décrire les processus ou scénarios de danger.

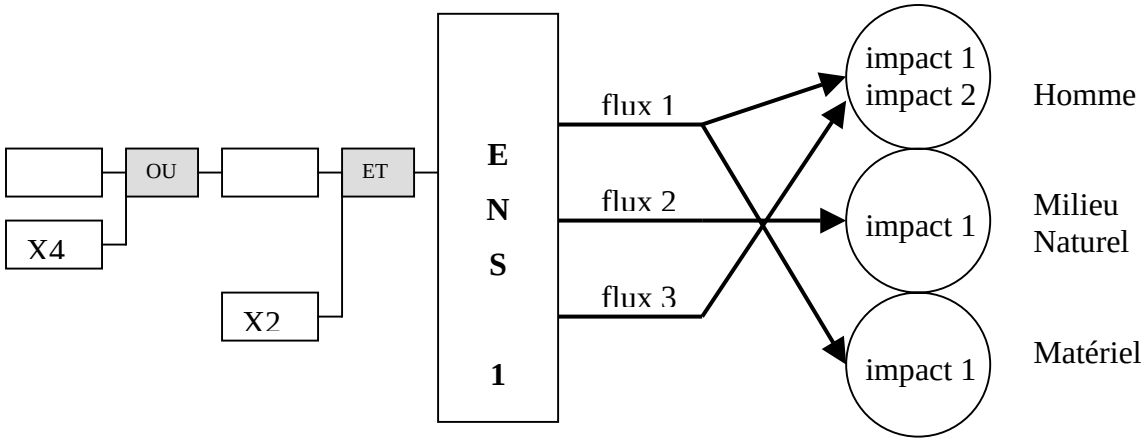


Figure 11 : Principe d'organisation des informations relatives aux scénarios de danger

Chaque événement non souhaité génère un ou plusieurs flux de danger, dont les impacts sur l'homme, le milieu naturel ou le matériel, ont été déterminés. D'autre part, ils sont le point de départ d'un arbre logique représentant un enchaînement de séquences causales ou circonstancielles en les regroupant par l'intermédiaire de portes logiques de type ET et OU. Comme pour les conséquences, un arbre a été pré-déterminé pour chaque événement non souhaité de la liste, que nous désignons par « arbre générique ». De tels arbres ont été ensuite développés pour les sous-systèmes que nous avons identifiés lors de la première étape. En dernier lieu, l'utilisateur pourra adapter plus précisément à son cas de figure l'un ou l'autre de ces types d'arbres. Un des atouts de la méthode MOSAR est de tenir compte des interactions entre sous-systèmes. C'est également possible dans notre configuration, en reliant les impacts concernés (en particulier sur le matériel) aux causes d'événements non souhaités de différents sous-systèmes.

En définitive, nous proposons des scénarios de danger pré-établis allant des causes de l'événement non souhaité jusqu'aux impacts potentiels sur l'homme, le milieu naturel ou le matériel ; ils donnent une première idée à l'utilisateur qui les modifie en fonction de son application. Ce faisant, nous appauvrissons le processus de création des scénarios que nous compensons, au moins en partie, par un apport de données issues d'une analyse antérieure.

Troisième étape

Une fois que le principe d'organisation de l'information a été défini, nous avons pu aborder les étapes suivantes de la méthode MOSAR, à savoir, l'évaluation des risques principaux en termes de probabilité et gravité et la définition de moyens de prévention et de protection.
Rien ne s'oppose à l'utilisation des outils proposés par la méthode MOSAR, mais des aménagements sont toutefois proposés compte tenu de la mise à disposition de données. Dans les deux cas, nous utilisons la structure des arbres pour rattacher de l'information aux différentes séquences, qu'elle concerne leur probabilité d'occurrence ou les mesures envisageables ou réglementaires pour les prévenir.

A défaut de retour d'expérience permettant une évaluation quantitative scrupuleuse, nous proposons à l'utilisateur d'évaluer la probabilité et la gravité des événements non souhaités sur une base davantage subjective, en utilisant des fourchettes plutôt que des valeurs précises. L'objectif de cette évaluation est, en effet, de situer les scénarios dans des classes de probabilité et de gravité afin de gérer les priorités, notamment dans la mise en œuvre des

mesures. En revanche, cette évaluation peut s'appuyer sur la consultation des accidents qui se produisent dans les différents sites de production grâce à l'organisation d'un retour d'expérience itératif.

3.2.2.3 Développement de l'outil informatique

L'outil informatique a été développé sous le système de gestion de base de données ACCESS, basé sur le modèle relationnel[39]. Dans ce modèle, un ensemble de données est modélisé par un ensemble de tables, décrivant à la fois les données et leurs relations, sans préjuger de la façon dont les informations sont stockées dans la machine. Ces tables sont manipulées par le biais d'opérateurs relationnels (projection, restriction, jointure, union) de façon à fournir les données correspondant aux requêtes de l'utilisateur.

Pour passer de l'existant aux tables utilisées par le logiciel, le concepteur de la base de données utilise le modèle entités-relations (E.A.R.). Comme son nom l'indique, les concepts de modélisation sont les entités, des objets (concrets ou abstraits) qui peuplent la réalité, les attributs ou champs, qui sont des particules élémentaires d'information caractérisant chaque entité et dont les valeurs permettent de distinguer les diverses occurrences de l'entité, et les relations de différents types qui unissent les entités. La Figure 12 illustre ce modèle par un exemple issu de la base de données.

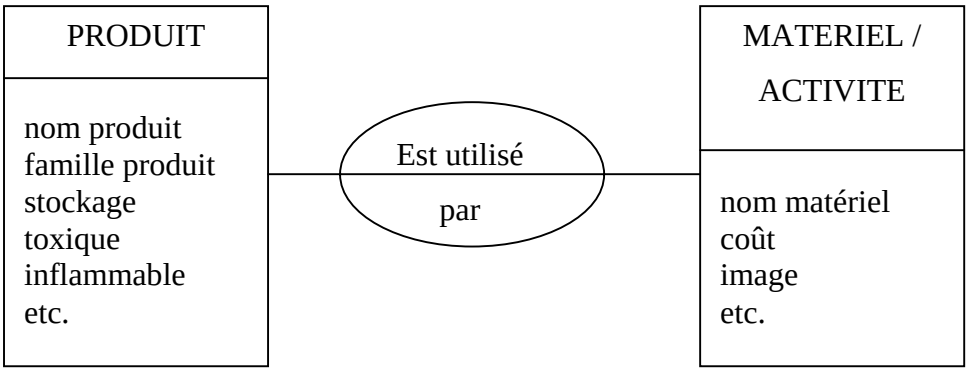


Figure 12 : Exemple d'utilisation du modèle E.A.R.

[39] E.F. CODD, « A relationnal model of data for large shared data banks », Communication of ACM Vol 13 n°6, 06/1970.

Le concepteur crée la table d'une entité et définit les champs qui la caractérisent. Il remplit la table, soit directement soit par le biais d'un formulaire. Enfin, il relie les différentes tables en caractérisant les relations qui les unissent, ce qui crée de nouvelles tables et constitue la façon dont les relations sont prises en compte par le système.

La constitution des arbres doit, bien sûr, obéir à ces principes. Aussi, nous avons utilisé un programme générant une arborescence, basé sur le principe qu'une donnée « a » est le père de données « aa », « ab », etc., le grand-père de données « aaa », « aab », et ainsi de suite. [DEBRAY 97]

Différents modules et macros ont également été créés pour effectuer les différentes fonctions de l'outil et pour rendre son utilisation fiable et conviviale. Par exemple, un module permet de représenter les arbres réalisés dans un format imprimable, en calculant ses dimensions et positionnements.

3.2.3 Le retour d'expérience itératif

Cette étape se situe un peu en marge de l'étude qui nous était initialement demandée mais elle s'est rapidement justifiée en raison de l'orientation de l'étude vers l'utilisation du retour d'expérience. En effet, la démarche étant basée sur l'utilisation de la base de données, sa pertinence dépend de la qualité de cette dernière. Or, toute base de données pour être valide doit être régulièrement mise à jour et enrichie. Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, le retour d'expérience requiert l'organisation a priori de l'information mais aussi une structure physique capable de le mettre en œuvre. Lors de l'expérimentation proprement dite, seuls les principes d'un retour d'expérience itératif ont pu être proposés. Leur mise en œuvre pourra faire l'objet d'une phase ultérieure de l'étude.

3.2.3.1 Organisation de l'information

En ce qui concerne l'organisation de l'information, l'objectif est d'utiliser la structure existante afin de l'enrichir. Etant donné que la base de données a été construite principalement à partir de récits d'accidents, il est raisonnable de penser que de nouveaux accidents apportent de nouvelles données relatives à des causes ou des conséquences non identifiées ou impliquent des équipements non abordés. Cependant, il serait utile de rajouter également une entité « accident » liée aux autres entités de la structure et décrivant explicitement les

accidents, notamment pour fournir des exemples nécessaires à l'évaluation en termes de probabilité et de gravité.

La bibliographie fournit de nombreuses références décrivant les champs utilisés dans différentes bases de données d'accidents [ESReDA 98]. Cependant, le choix de ces champs, autant en termes de contenu que de forme (donnée codée, texte libre, etc.), dépend en premier lieu des objectifs affectés à la base de données.
En ce qui nous concerne, nous nous adressons à un ensemble d'entreprises dont nous assimilons le comportement en matière de sécurité à celui de PME (chapitre 1). Aussi, nous visons des accidents assez graves dans un objectif davantage d'exemplarité que d'information sur l'état réel du système, compte tenu du fait que nous ne pouvons pas maîtriser l'exhaustivité du recueil et surtout parce nous souhaitons que plusieurs entreprises (ou sites de production) partagent cette information.
Par conséquent, nous privilégions une approche clinique à une approche statistique et le texte libre écrit en langage naturel aux données codées. Le texte libre constitue, de l'avis de tous les utilisateurs du retour d'expérience, une ressource extrêmement précieuse, mais difficile à exploiter car l'analyste est contraint de lire et valider des volumes importants de fiches pour obtenir les informations dont il a besoin [LANNOY 96b]. Cependant, dans notre cas l'utilisation des données d'accidents est double ; elles sont d'une part utilisées par les gestionnaires du retour d'expérience pour être intégrées dans la structure de la base de données initiale, et d'autre part elles sont conservées sous leur forme brute, en lien aux données de la base, pour resituer ces données dans leur cadre réel et apporter une aide aux utilisateurs de la base, notamment dans l'évaluation en probabilité et en gravité des événements non souhaités de l'analyse des risques. Or dans le premier cas, l'intégration se fait au cas par cas et il est utile d'avoir l'information la plus précise et dans le deuxième cas, le nombre de fiches à consulter est, somme toute, limité.

Afin toutefois, de trouver un compromis entre un questionnaire trop détaillé et fastidieux à remplir et un questionnaire incomplet, nous avons envisagé la liste de champs suivante :

a) Localisation de l'accident
   - type d'accident
   - date et heure
   - équipement, activité et/ou produit chimique impliqués
b) Résumé de l'accident

- qu’est ce qui s’est mal passé
- pourquoi
- conditions aggravantes

c) Conséquences
- blessures
- endommagement matériel
- impact environnemental
- arrêt de production, perte de produit
- coûts financiers

d) Leçons tirées
- mesures prises
- recommandations.

Les leçons tirées par les personnes qui ont subi l’accident, constituent un apport important dans le cadre du partage d’information avec des utilisateurs d’activité similaire. En effet, F. Koorneef et J. Kingston-Howlett [KOORNEEF 98] démontrent que l’information est temporelle et sensible au contexte et que seule la connaissance des caractéristiques du système émetteur peut rendre possible l’interprétation d’un message. Les leçons tirées incluent la connaissance du contexte à l’apport des nouvelles informations produisant ainsi de la connaissance qui, elle, reste pertinente plus longtemps. Dans le cadre du partage de cette connaissance, l’information contextuelle perdue est remplacée par la connaissance de l’utilisateur de son propre système.

D’autre part, il est également envisageable d’introduire des champs (voire des entités) intéressant d’autres fonctions que la sécurité, comme la maintenance et la qualité. Par exemple, comme dans le cas de la base de données SYGMA (§ 2.3.2.2), nous pourrions ajouter à l’entité « accident » un champ relatif aux opérations de maintenance consécutive à l’accident ou celles qui auraient permis de l’éviter, mais surtout nous pourrions envisager de rajouter à la base de données des entités relatives aux fournisseurs ou encore aux stocks de pièces de rechange. Toutefois, en se rapprochant des autres fonctions de l’entreprise, nous nous éloignons des capacités de partage de l’information, à moins qu’il existe une forme de groupement des entreprises, sur ce terrain.

3.2.3.2 Structure physique du retour d'expérience itératif

L'organisation générale de ce retour d'expérience est basée sur la mise en partage des informations de différentes entreprises (ou sites de production) par l'intermédiaire d'un organisme centralisateur.

Dans le cadre de l'étude, nous devons prévoir une organisation du retour d'expérience au niveau de la profession ; il s'agirait donc de faire participer l'ensemble des entreprises de traitement thermique à façon (et éventuellement les « intégrés » intéressés par le projet) autour du CETIM, à l'origine de l'étude.

Cette étape de retour d'expérience itératif serait sans doute plus facilement réalisable à l'échelle d'un groupe tel que Bodycote Hit où le besoin de retour d'expérience est ressenti par une catégorie de personnel mais aussi incité par une pression extérieure. En effet, suite à plusieurs accidents graves, l'assureur de ce groupe a accepté de payer mais a souhaité que des résultats soient obtenus et que, notamment, des conclusions soient tirées des accidents, les solutions soient répercutées sur l'ensemble du groupe et des échanges d'information aient lieu avec les constructeurs.
D'autre part, la mise en œuvre du processus de retour d'expérience demande, comme nous l'avons vu au chapitre 2, une réelle motivation. Si elle ne semble pas particulièrement engagée au sein du groupe Bodycote Hit, elle peut toutefois être initiée par un effet de groupe, comme l'a montré la participation financière au service sécurité, alors que les autres entreprises, qui ne participent déjà pas au groupe de travail (à l'exception de Thermi-Centre) sont plus difficilement influençables. L'objectif est alors de leur montrer, dans un premier temps, l'intérêt de l'outil pour les inciter à participer.

Dans le cadre de Bodycote Hit, la transmission des informations sur les accidents, des sites vers le niveau central, se ferait par l'intermédiaire des directeurs de sites ou des relais sécurité lorsqu'ils ont été désignés. Les directeurs de site sont, en effet, responsables de la sécurité de leur site, disposent d'outils informatiques (ce qui n'est pas le cas de tous les responsables de la maintenance, par exemple) et ont connaissance des incidents d'une certaine ampleur et a fortiori des accidents qui ont lieu sur leur site. Leur motivation peut être « incitée » par la Direction du groupe et par l'utilisation de la démarche d'analyse de risque intégrée à la procédure de commande de nouveau matériel. En particulier, les sites sont soumis à un audit

annuel à partir duquel la Direction peut comparer l'ensemble des sites. Un système de bonus en faveur du retour d'expérience constituerait un facteur de motivation.
Le niveau central dispose, quant à lui, de la compétence nécessaire pour s'approprier l'outil, auquel il a largement participé, et y intégrer les informations qu'il aura préalablement validées. La mise à jour des versions de la base de données peut se faire via Internet ou par des envois de CD-ROM. Ces mises à jour peuvent également être un vecteur de redescente d'information spécifique à l'attention des personnes effectuant le recueil des données. Néanmoins, des réunions regroupant les utilisateurs de la base de données et protagonistes du retour d'expérience sont nécessaires pour maintenir la volonté d'échanger et faire remonter de façon directe des difficultés, points de désaccord ou améliorations éventuels.
Enfin, à l'intérieur du groupe il est plus facilement envisageable d'intégrer des problématiques voisines de la sécurité comme la maintenance, à condition que soit imprimée une volonté d'homogénéisation du parc matériel dans un souci d'optimisation de la maintenance et des coûts associés.

Dans le cadre de la profession du traitement thermique, des difficultés supplémentaires apparaissent au niveau de la collecte comme du traitement de l'information. La collecte dépend, comme nous l'avons souligné, de la motivation d'entreprises moins impliquées dans le groupement d'entreprises considéré. Il ne s'agit, en l'occurrence, pas véritablement d'un groupement mais de l'adhésion commune de plusieurs entreprises à un organisme tiers. Or, comme le souligne C. Gilbert [GILBERT 99b], il existe « au niveau des entreprises, des organisations comme des acteurs, une nette tendance à faire de la rétention d'informations, à « ne rien dire » si aucun système n'y contraint, si les problèmes ne sont pas trop visibles ».
D'autre part, pour l'organisme tiers, la gestion de la base de données est une activité supplémentaire qui requiert du personnel et un financement particulier, alors que le retour d'expérience demande une certaine continuité de fonctionnement et produit des résultats à plus ou moins long terme et difficilement mesurables. Toutefois, si la demande existe, la mise en commun du retour d'expérience par l'intermédiaire du CETIM est actuellement envisagée. Le fait de réaliser ce retour d'expérience au niveau de la profession participe à la formalisation du point de vue des Industriels et confère un poids supplémentaire à l'outil. Les Industriels disposeraient alors d'une référence commune pour dialoguer avec les partenaires de l'entreprise dans le domaine des risques industriels.

La troisième phase de l’étude devrait correspondre à la validation de l’outil et de son contenu par le biais de la réalisation d’analyse de risques sur un certain nombre de sites industriels. Il est également envisagé d’enrichir la base de données en utilisant l’outil comme support de formation auprès de futurs utilisateurs.
Cette phase devrait enfin permettre de préciser le mode de diffusion de l’outil ainsi que l’étude de la faisabilité de la centralisation du retour d'expérience nécessaire à sa mise à jour.

La Figure 13 synthétise les principales étapes de la réalisation de l’expérimentation et les résultats obtenus à l’issue de chacune d’elles.

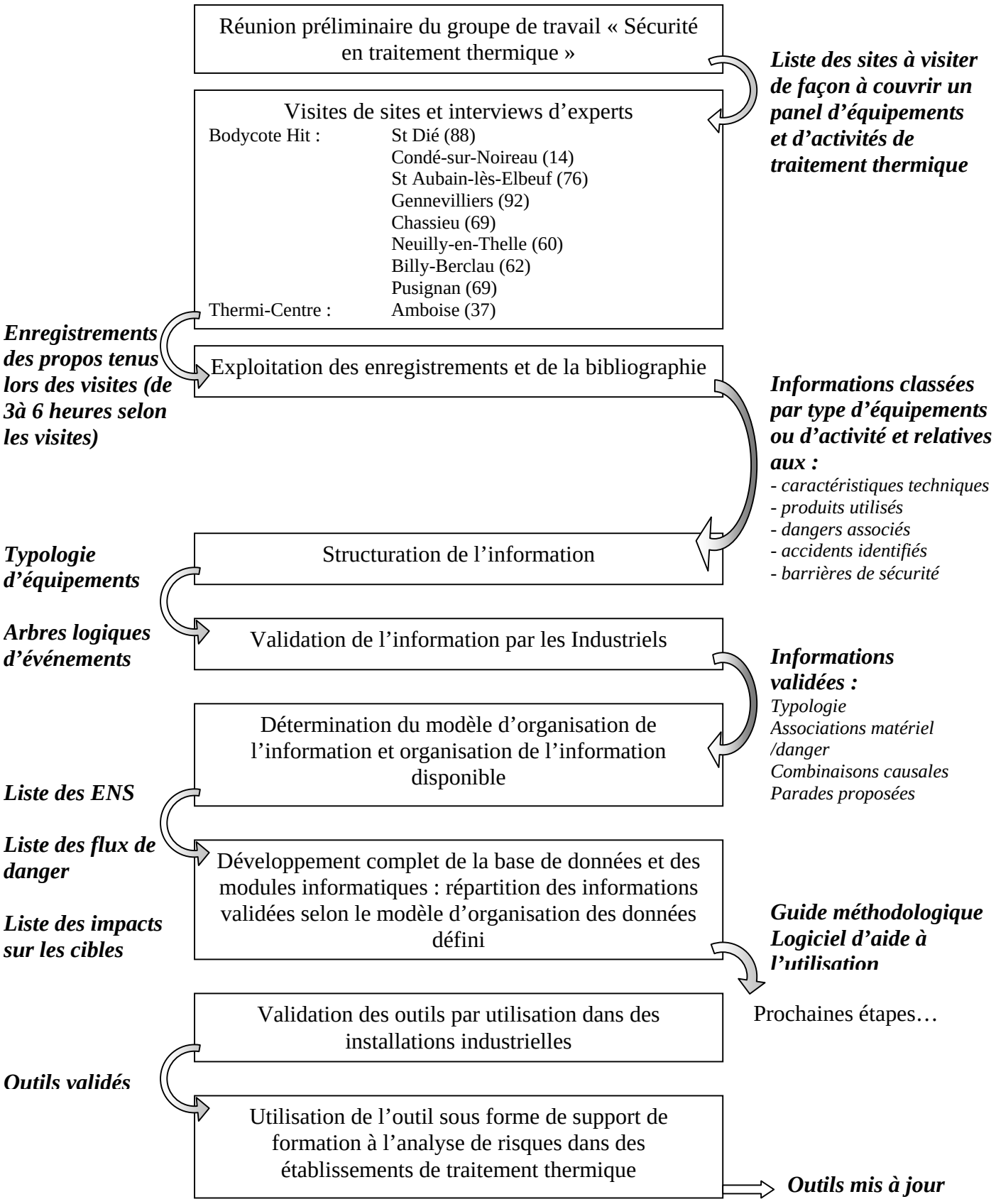

Réunion préliminaire du groupe de travail « Sécurité en traitement thermique »
Liste des sites à visiter de façon à couvrir un panel d'équipements et d'activités de traitement thermique
Visites de sites et interviews d'experts
Bodycote Hit : St Dié (88)
Condé-sur-Noireau (14)
St Aubain-lès-Elbeuf (76)
Gennevilliers (92)
Chassieu (69)
Neuilly-en-Thelle (60)
Billy-Berclau (62)
Pusignan (69)
Thermi-Centre : Amboise (37)
Enregistrements des propos tenus lors des visites (de 3à 6 heures selon les visites)
Exploitation des enregistrements et de la bibliographie
Informations classées par type d'équipements ou d'activité et relatives aux :
- caractéristiques techniques
- produits utilisés
- dangers associés
- accidents identifiés
- barrières de sécurité
Typologie d'équipements
Arbres logiques d'événements
Structuration de l'information
Validation de l'information par les Industriels
Informations validées :
Typologie
Associations matériel /danger
Combinaisons causales
Parades proposées
Détermination du modèle d'organisation de l'information et organisation de l'information disponible
Liste des ENS
Liste des flux de danger
Liste des impacts sur les cibles
Développement complet de la base de données et des modules informatiques : répartition des informations validées selon le modèle d'organisation des données défini
Guide méthodologique
Logiciel d'aide à l'utilisation
Prochaines étapes…
Validation des outils par utilisation dans des installations industrielles
Outils validés
Utilisation de l'outil sous forme de support de formation à l'analyse de risques dans des établissements de traitement thermique
Outils mis à jour

Figure 13 : Schématisation des étapes de l'expérimentation

3.3 Les résultats de l'étude

La finalité de l'analyse des risques envisagée est la détermination des mesures de prévention et de protection à mettre en place lors de l'implantation d'un nouvel équipement de traitement thermique et la définition des règles d'utilisation et de sécurité qui lui seront appliquées lors de son fonctionnement. Cette démarche s'applique cependant également pour un matériel existant, en vue d'en améliorer les conditions de sécurité.

La combinaison des choix d'ordre technique et conceptuel que nous avons faits au cours du déroulement de l'étude, nous a conduit à créer un outil original, fruit de la transposition d'une méthode a priori à une démarche utilisant le retour d'expérience. Notre objectif est de conserver la structure d'une démarche a priori favorisant le questionnement et un certain recul, tout en fournissant à l'analyste des données susceptibles de faciliter sa démarche.

Il est important d'insister sur le fait que nous ne cherchons pas à développer un système expert fournissant une analyse de risques « clé en main » à l'utilisateur à partir de ses équipements. Au contraire, nous pensons que l'utilisateur doit rester maître de l'analyse, face à des responsabilités que l'outil ne saurait endosser même s'il était capable de traiter la diversité des cas de figures que présentent les situations réelles.

3.3.1 Des résultats sous un double format

Compte tenu de ce double objectif, nous proposons deux outils distincts :

- Un guide méthodologique qui présente les étapes de la méthode MOSAR en tenant compte des modifications qui nous ont paru nécessaires. Ce guide se présente sous la forme d'un CD-ROM pour une lecture plus conviviale.
- Un outil informatique d'aide à la mise en œuvre de l'analyse qui comprend la base de données ainsi que des modules informatiques d'aide à l'utilisation des données qu'elle contient. Cet outil permet à l'utilisateur d'extraire l'information pertinente de la base de données en fonction des caractéristiques de son installation, qu'il doit fournir à l'outil informatique. Il permet aussi d'effectuer des opérations simplifiées de mise en forme de l'information et d'évaluation des risques sur la base d'une approche semi-quantitative.

L'utilisateur peut donc soit utiliser les résultats de l'étude dans le cadre d'une analyse de risques conventionnelle guidée par le guide méthodologique soir utiliser l'outil informatique et construire ainsi de façon interactive les principaux résultats de l'analyse.

Les étapes du guide méthodologique seront abordées lorsque nous présenterons le contenu des résultats de l'étude. Quant à la base de données, elle a été structurée de façon à pouvoir stocker l'information recueillie au cours des enquêtes de terrain. Comme le montre la Figure 14, sa structure fait donc apparaître des entités représentatives du métier du traitement thermique que sont les matériels et produits utilisés, et d'autres qui correspondent aux principaux concepts utiles à la représentation du processus de danger selon le modèle MADS : flux de danger, cibles, événements, etc.. La richesse de la base de données tient dans le lien que nous avons pu établir entre ces différents types d'entités.

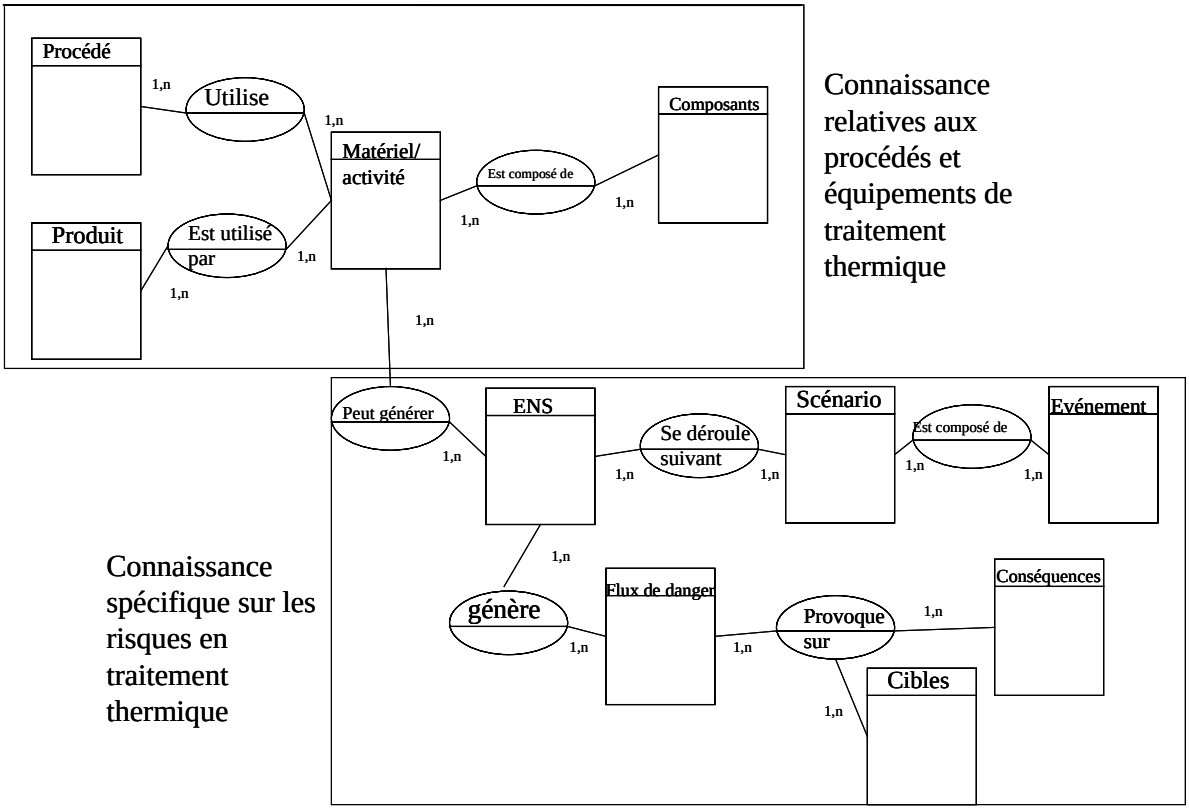


Figure 14 : Structure de la base de données

Ainsi, pour chaque matériel nous avons établi la liste des événements non souhaités susceptibles de se produire, celle des flux de danger qu'ils génèrent et leur conséquences potentielles sur l'homme, le milieu naturel et le matériel.

Ainsi, pour chaque matériel nous avons établi la liste des événements non souhaités susceptibles de se produire, celle des flux de danger qu'ils génèrent et leur conséquences potentielles sur l'homme, le milieu naturel et le matériel.
Enfin, pour chaque événement non souhaité, nous avons établi les conditions nécessaires et suffisantes pour sa réalisation, lesquelles constituent la partie générique d'un arbre logique. Cet arbre est ensuite complété, pour chaque matériel, des causes spécifiques issues des scénarios d'accidents observés dans différentes installations ou élaborés à partir d'événements ayant eu lieu dans ces mêmes installations mais n'ayant pas débouché sur un accident effectif. L'utilisateur a ainsi accès à une analyse d'un équipement s'apparentant au sien, qu'il peut ensuite modifier et compléter en fonction de sa propre situation.

3.3.2 Le contenu des résultats de l'étude

Nous avons précédemment abordé les étapes du guide méthodologique dans le cadre de l'élaboration de la démarche, nous les présentons maintenant dans une optique d'utilisation.

Comme nous l'avons vu, deux types d'utilisation sont envisageables : suivre les étapes de la démarche, conformes à une analyse de risques classique, en utilisant les données de la base à titre d'exemple, ou utiliser l'outil informatique pour générer l'analyse de risques. A chaque étape, nous nous plaçons dans la première configuration puis précisons les modalités de la seconde.

Première étape : Description du système étudié

Dans l'optique initiale, l'utilisateur réalise une analyse de risques relative à l'implantation d'un nouvel équipement de traitement thermique. Il souhaite connaître les conditions sécuritaires de cette implantation compte tenu des risques liés à l'utilisation de l'équipement mais aussi des risques et des cibles présents dans son environnement. Aussi, il convient à la fois de définir l'équipement implanté (ou de façon plus générale, étudié) et les autres équipements et activités annexes capables d'interagir avec celui-ci.

Nous nous sommes basés sur le fait que, bien qu'il n'existe pas deux matériels et leur contexte identiques, et qu'il ne soit pas possible de faire une pré-analyse exhaustive de l'ensemble des matériels, un certain nombre de caractéristiques communes sont réutilisables pour diverses situations réelles. Les sous-systèmes que nous proposons, rassemblent les caractéristiques que nous avons observées.

Parmi les onze équipements de traitement thermique retenus (ou plus exactement les couples équipement-technologie), certains se distinguent par leur conception. C'est le cas des fours suivants :

- le four à charge à bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée,
- le four à tapis à bac de trempe à l'huile incorporé sous atmosphère contrôlée,
- les fours puits sous atmosphère contrôlée,
- les fours à sole mobile, tournante ou fixe sous atmosphère contrôlée,
- les fours cloche sans atmosphère[40].

La technologie de traitement « sous atmosphère contrôlée » est une caractéristique commune à ces différentes conceptions de fours et pénalisante vis-à-vis des risques par rapport aux autres types de traitement qui se réalisent dans ces fours. Nous avons développé l'analyse des risques du four sous atmosphère contrôlée mais l'utilisateur du même four sans atmosphère comprendra que ses risques sont similaires, à l'exclusion de ceux relatifs aux gaz d'atmosphère. Ainsi, à risque égal du point de vue des produits chimiques utilisés, il est important de distinguer les risques liés à la conception. Ce découpage permet d'apprécier, par exemple, le fait qu'un four de type puits présente des risques de chute de personnel ou d'accumulation de gaz lourds alors qu'un four de type cloche présente des risques d'écrasement par chute d'objet et d'accumulation de gaz légers.

En revanche, les autres couples équipement-technologie font prévaloir les risques inhérents à la technologie plutôt que ceux de la conception et sont les suivants :

- les fours sous vide,
- les fours à purge sous vide,
- les fours à bains de sels,
- le four à bains de plomb,
- le four à lit fluidisé,
- les machines de traitement par induction.

[40] Ce four fait exception car la conception de type « cloche » n'est pas compatible avec les traitements sous atmosphère, sans quoi il obéirait au même principe.

Les différences de conception à l'intérieur de ces classes sont peu significatives du point de vue des risques et peuvent souvent être précisées, le cas échéant, en tant que séquences circonstancielles dans les arbres retraçant les causes des événements non souhaités.

Les autres composantes de l'activité de traitement thermique sont regroupées sous sept sous-systèmes dits annexes.
L'atelier est considéré en tant que structure et contexte hébergeant l'équipement étudié (fosses, passerelles, sol, etc.). Il comprend, de plus, le système de refroidissement commun à tous les équipements (canalisations, tour de refroidissement, etc.), les installations électriques, les systèmes de ventilation, de chauffage, d'éclairage, de rejet et/ou traitement des effluents, etc.). Des activités telles que la maintenance, la manutention et la gestion des produits chimiques, gravitent autour de l'activité de traitement thermique proprement dite et présentent des risques spécifiques qui peuvent avoir des répercussions sur les autres sous-systèmes, mais sont aussi à prendre en compte en tant que telles dans une approche globale de la sécurité de l'atelier.
Enfin, d'autres activités peuvent intervenir au cours du traitement, ou du moins de la prise en charge des pièces, telles que le lavage et dégraissage, la trempe isolée, le contrôle, redressage, traitement cryogénique et parachèvement. Ces activités pouvant être associées aux équipements de traitement thermique, les risques qu'elles présentent sont également à prendre en considération.

Dans une utilisation « assistée par informatique » de la démarche, l'utilisateur sélectionne l'ensemble des sous-systèmes qui composent son installation et dont l'outil informatique génère les processus de danger. Dans une approche plus classique, ces sous-systèmes constituent également une entrée dans la base de données.

Deuxième étape : Identification des dangers

Notre démarche est basée, en référence au modèle MADS, sur les concepts d'événements non souhaités, de flux de dangers et d'impact sur des cibles telles que l'homme, le milieu naturel et le matériel. Ainsi, les dangers sont désignés par des événements non souhaités, dont une liste est allouée à chaque sous-système. Chaque événement non souhaité produit un ou des flux de danger, également répertoriés, chacun provoquant les mêmes impacts potentiels quel que soit l'événement qui l'ait généré.

Pour alléger la présentation des résultats, les différentes listes d'événements non souhaités, flux de danger et autres impacts ont été placées en annexe. Nous avons choisi d'illustrer la démarche par un exemple simple (un équipement seul) car notre objectif est avant tout de souligner les processus de transformation et d'utilisation des données. Une analyse de risques d'un système complet nécessiterait un développement plus important sans présenter d'intérêt particulier pour notre démonstration. Le mode d'emploi de l'outil informatique figure en annexe afin d'illustrer de façon plus précise l'utilisation de cette aide à l'analyse de risques.

L'équipement étudié est un four à charge à bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée (Figure 15), très représenté dans les ateliers de traitement thermique à façon.

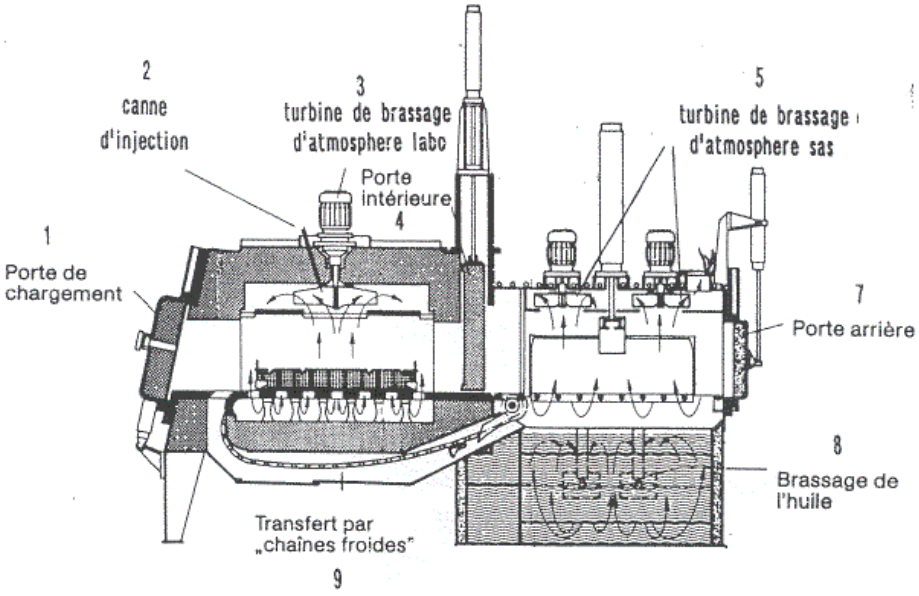


Figure 15 : Schéma du four à charge à bac de trempe incorporé

Sous atmosphère contrôlée, ce four permet de réaliser des traitements de cémentation et nitruration, en associant aux cycles thermiques des atmosphères gazeuses apportant des éléments chimiques à la structure cristalline des matériaux traités.
Le four se compose généralement de deux chambres séparées l'une de l'autre par une porte non étanche faisant office d'écran thermique. Le chauffage, électrique ou au gaz, est réalisé dans le laboratoire (ou partie chaude) dans un domaine de température de 780 à 1100 °C environ. L'atmosphère est générée, dans le cas choisi[41], par craquage de méthanol instillé dont le gaz vecteur est l'azote. Elle est contrôlée par des sondes mesurant son taux de carbone et

[41] L'atmosphère peut également provenir d'un générateur d'atmosphère externe au four.

régulée par apport d'air, de propane ou d'ammoniac selon le taux souhaité et la nature du traitement. Cette atmosphère explosible au contact de l'air, présente un risque d'explosion peu important à condition que la température soit maintenue au-dessus de 750°C, qui correspond à sa température d'auto-inflammation, l'air à son contact produisant immédiatement des flammes.
Le refroidissement de la charge une fois chauffée, s'effectue dans la deuxième chambre (ou partie froide), soit dans le sas en présence de la même atmosphère mais à une température inférieure, soit dans le bac d'huile. Le sas et le bac d'huile sont refroidis, généralement par un système de circulation d'eau. En ce qui concerne l'atmosphère, sa température est inférieure à 750°C et un système d'allumage de rideau de flammes doit être prévu pour éviter l'explosion du four lors de l'ouverture de la porte de déchargement.

Les événements non souhaités associés à cet équipement (utilisé sous atmosphère contrôlée) sont nombreux. Ils concernent, en premier lieu, l'explosion ; cependant, les processus physiques conduisant à l'explosion dans l'ensemble de l'activité de traitement thermique sont trop variés pour définir facilement l'événement « explosion » de façon générique. L'explosion d'un bain de sels fondus, par exemple, est bien différente de celle d'un four sous atmosphère explosive, dans ses causes comme dans ses effets. Aussi, avons nous décomposé cet événement en plusieurs catégories : celles qui sont applicables à notre four sont l'explosion par surpression, l'explosion de gaz confinés et celle de gaz non confinés.
Aux explosions s'ajoutent l'incendie, l'émission de produits toxique, irritant, corrosif, dangereux pour l'environnement mais aussi chaud ou sous pression, et la création de zone pauvre en oxygène et de façon moins spécifique, l'émission de rayonnement thermique, les chutes d'objet et de personne, les heurts et les incidents relatifs à la manutention d'éléments du four, le défaut de moyens de contrôle des rejets ou encore le contact avec un conducteur électrique.

A partir de ces événements, nous mettons ensuite en évidence les flux de danger qu'ils génèrent, constitués selon le modèle MADS, de matière, d'énergie ou d'information. Par exemple, nous avons considéré que trois flux de danger pouvaient être associés à l'incendie : la chaleur, les fumées mais aussi les eaux d'extinction si l'on considère l'événement de façon globale. Les eaux d'extinction n'entrent, certes, pas dans le processus de danger proprement dit, mais elles sont toutefois une conséquence directe de cet événement, qui se manifeste par un flux de matière susceptible d'avoir un impact sur l'homme, le milieu naturel et le matériel.

De tels écarts par rapport à la théorie sont envisageables compte tenu du fait que l'étude porte sur un domaine délimité ; ils permettent de relier plus facilement les différents éléments du domaine entre eux. En l'occurrence, l'existence de ce flux de danger comme conséquence d'un incendie du four de notre exemple, permet de mettre en évidence une interaction dangereuse entre ce type de four et les bains de sels fondus, éventuellement présents dans son environnement et dont le contact avec une grande quantité d'eau provoque une explosion.

La troisième étape consiste à identifier pour chaque flux de danger, ses impacts sur l'homme (blessures, brûlures, électrisation, intoxication, etc.), le milieu naturel (pollution des eaux, de l'air ou des sols) et les matériels (destruction, dégradation des matériaux, inflammation de produit, corrosion, etc.)
Ainsi, l'utilisateur a, d'une part, une vision concrète des effets qu'il doit redouter, et d'autre part, il est possible de mettre en évidence des interactions entre sous-systèmes compte tenu des impacts potentiels sur le matériel et des matériels (et activités) présents dans l'environnement de l'équipement étudié. Cette mise en évidence est manuelle dans l'outil délivré, mais la génération automatique des interactions est envisageable et consiste à relier les différents impacts aux causes présentes dans les arbres logiques des événements non souhaités des différents sous-systèmes.

Troisième étape : Identification des scénarios de danger

La seule connaissance des événements potentiels et des conséquences qu'ils peuvent avoir, permet déjà de réfléchir aux moyens de protection. En revanche, cela ne suffit pas pour mettre en place des mesures de prévention, qui visent les causes des événements. L'objectif de cette étape de l'analyse est donc d'identifier les mécanismes qui conduisent à l'accident pour pouvoir agir sur ses causes.

Nous avons identifié les mécanismes générant les événements non souhaités précédemment définis, que nous avons représentés sous forme d'arbres logiques, enchaînements des séquences causales et circonstancielles qui conduisent au déclenchement des événements. Nous mettons à la disposition de l'utilisateur deux types de ces arbres : des arbres génériques relatifs à un événement non souhaité et ces mêmes arbres développés spécifiquement pour un type de sous-système donné. Les événements non souhaités du domaine ont été choisis de façon à ce qu'ils aient des conséquences directes sur les cibles mais aussi de façon à ce que nous puissions dégager des arbres génériques, simples et applicables à l'ensemble des sous-

systèmes. Les arbres plus développés, quant à eux, reprennent l'essentiel du retour d'expérience en traitement thermique que nous avons rassemblé.

Dans une utilisation informatisée, lorsque l'utilisateur a décrit son installation et obtenu la liste des événements non souhaités susceptibles de se produire, il peut extraire pour chacun d'eux le scénario générique qui lui correspond et un exemple de scénario plus développé. Il a alors la possibilité de dupliquer ce dernier scénario afin de l'adapter à son application sans compromettre les données contenues dans la base de données. Il obtient ainsi un arbre spécifique à son installation à partir duquel il peut poursuivre son analyse.

Nous reprenons notre exemple du four à charge à bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée, pour illustrer cette étape, avec le cas de l'explosion de gaz confiné. L'arbre générique de cet événement se base sur le fait qu'une telle explosion nécessite la présence conjointe de gaz facilement inflammable, d'air et d'une source d'inflammation. Nous avons été amenés à considérer deux configurations différentes réalisant cette condition par souci de lisibilité, d'une part parce qu'elles correspondent à des phases d'utilisation des fours différentes et d'autre part, parce que pour certains couples équipement-technologie, seule une configuration peut se produire.

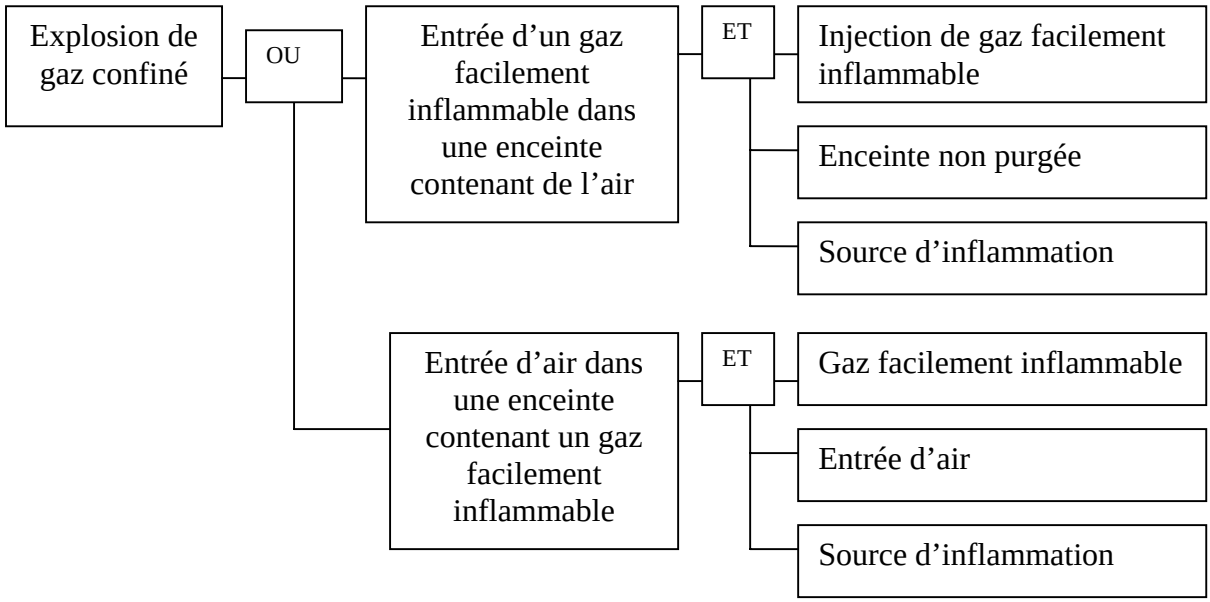


Figure 16 : Arbre générique de l'explosion de gaz confiné

Dans le cas du four à charge à bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée, un développement important de l'arbre générique a pu être réalisé, atteignant jusqu'à sept niveaux de détails supplémentaires (pour plus de précisions, l'arbre complet est disponible en annexe). Cet arbre permet, notamment, de faire apparaître des récits d'accidents précis comme l'explosion d'un four, dont la came de la porte de la partie arrière avait été déplacée lors d'un choc avec un chariot, créant ainsi un retard à l'allumage du rideau de flamme. Il met également en évidence des séquences causales, comme une fuite importante d'azote sur le circuit, permettant l'identification des interactions entre sous-systèmes.
L'arbre organise les détails apparus dans les différents accidents et permet ainsi d'en situer l'importance. De plus, ces arbres rassemblent de nombreuses informations jusque là éparses ou connues mais non explicitées, offrant des informations précises dans le domaine spécifique du traitement thermique.

Connaissant le domaine du traitement thermique et après s'être familiarisé avec l'arbre, il est relativement simple de rajouter une séquence à quelque niveau que ce soit si un nouvel élément apparaît, ou de supprimer une séquence non pertinente dans le cas considéré. Par exemple, l'arbre tient compte de différentes conceptions relatives à la modernisation des équipements et des séquences valables pour des fours anciens mais encore utilisés, deviennent caduques pour certains fours récents notamment en ce qui concerne le rideau de flammes, élément d'importance pour la sécurité.

En définitive, un processus ou scénario complet de danger porte sur un événement non souhaité pour un sous-système donné et va du mécanisme causal de l'événement jusqu'à ses conséquences potentielles.

Quatrième étape : Evaluation et hiérarchisation des risques

Dans cette étape, nous considérons que les dangers ont été identifiés et nous cherchons à évaluer les risques associés en estimant leur fréquence et leur gravité. Son objectif est ainsi de donner un ordre de priorité aux différents scénarios et par conséquent aux mesures qu'ils engendrent.
La hiérarchisation des risques se base sur des grilles fréquence x gravité telles que celle représentée à la Figure 17, dans lesquelles une ligne de démarcation sépare une zone dite de risque acceptable d'une zone de risque inacceptable.

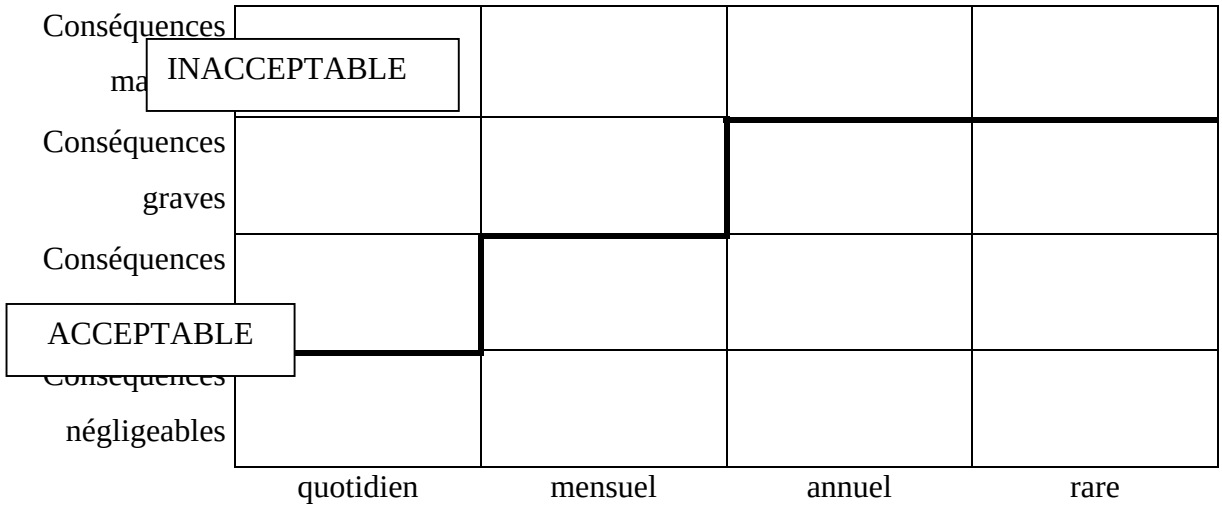


Figure 17 : Grille Gravité / Probabilité

Les échelles de fréquence et de gravité comme la limite de l'acceptable, sont normalement obtenues par négociation au sein d'un groupe de travail associant notamment le personnel en charge de la sécurité et les décideurs. Ces grilles doivent accueillir les scénarios évalués, mais cette évaluation n'est pas évidente.

Le calcul de la fréquence implique, en théorie, de disposer d'évaluations quantitatives de la fréquence des événements constitutifs des scénarios d'accident. Ce retour d'expérience n'existe pas et seule une évaluation par dire d'expert peut être effectuée, avec toute l'imprécision qu'elle entraîne et les difficultés méthodologiques qu'elle implique.

De la même manière, l'évaluation de la gravité pose des difficultés. Un même événement peut, suivant les circonstances avoir des conséquences aussi différentes qu'imprévisibles, comme la chute d'un individu qui peut avoir des conséquences aussi bien fatales que bénignes. La gravité de l'événement peut également varier en fonction de la cible que l'on considère ; l'explosion du four à charge peut ainsi engendrer des dégâts matériels considérables, dont la gravité s'évalue par le coût de réparation ou le délai de remise en service, mais aussi des conséquences humaines pouvant s'avérer fatales.

L'outil informatique propose différentes grilles à l'utilisateur mais l'évaluation revient inéluctablement à l'utilisateur. Le retour d'expérience itératif n'a pas encore été mis en place, mais il serait, le cas échéant un support relativement objectif à cette évaluation forcément subjective.

Cinquième étape : Détermination des mesures de prévention et de protection

Les mesures de prévention agissent sur les causes des événements non souhaités, elles permettent d'en réduire la probabilité alors que les mesures de protection s'intercalent entre le flux de danger et sa cible potentielle. Ces mesures peuvent être des barrières technologiques (qui ne font pas intervenir l'homme) ou des barrières d'utilisation. Elles trouvent leur origine dans la réglementation, sont le fruit d'un retour d'expérience ou encore d'un examen critique du procédé ou de l'organisation. En pratique, lorsque les arbres d'enchaînement causal sont suffisamment détaillés, il devient assez facile de proposer des mesures pour enrayer ces enchaînements.

Dans l'outil informatique, l'utilisateur a la possibilité d'associer aux différentes séquences composant les arbres logiques, une ou plusieurs mesures de prévention parmi des catégories telles que la conception, la protection individuelle du personnel, sa formation, la maintenance, les contrôles périodiques, etc.. L'outil fournit également à l'utilisateur une liste des mesures devant être remplies pour atteindre un bon niveau de sécurité.

Dans notre exemple, la séquence « vanne fermée sur le circuit d'azote » implique la conception du circuit d'azote de telle sorte que la canalisation alimentant la purge ne puisse pas être fermée manuellement. La séquence « électrovanne grippée » suscite la mise en œuvre d'une maintenance adaptée, et l'ouverture d'une porte « sur un incident en cours de cycle » fait appel à la formation des opérateurs, qui doivent se représenter correctement le processus mis en œuvre pour agir sur celui-ci en toute sécurité.

Conformément à ce que nous avons remarqué dans la phase d'acquisition de l'information, l'ensemble des mesures traduit une prise en compte essentiellement des facteurs techniques, un peu des facteurs humains et pratiquement pas des facteurs organisationnels. Nous avons vu que ces derniers étaient, de manière générale, faiblement pris en compte dans le retour d'expérience et en particulier par la hiérarchie. Or, celle-ci est directement impliquée dans l'analyse de risques des sites dans lesquels l'étude s'est déroulée. Nous avons également noté, que les facteurs techniques étaient les facteurs les plus facilement transposables d'une entreprise à l'autre, dans un même domaine d'activité.

CONCLUSION

La phase d'acquisition de connaissances a mis en évidence que la réalisation du retour d'expérience au niveau de l'ensemble des entreprises, voire de l'ensemble des sites du groupe Bodycote Hit, requiert une volonté forte de chaque participant, ou à défaut, une réelle capacité de les mobiliser, produit de la mobilisation nécessaire au groupement d'entreprises et de celle nécessaire au retour d'expérience. Les informations les plus accessibles sont associées aux accidents les plus importants et couvrent principalement le champ technique.
D'autre part, au moins en ce qui concerne les outils utilisant le retour d'expérience, les solutions au cas par cas semblent les mieux adaptées aux PME. Caractérisées par leur grande hétérogénéité, ces entreprises répondent également au principe de proximité (chapitre 1) et nécessitent donc une prise en compte relativement spécifique. Un outil d'analyse de risques leur fournissant des données adaptées à leur domaine d'activité semble donc adapté à leurs besoins.

Dans le cadre d'une demande d'une démarche d'analyse des risques adaptée au traitement thermique, nous avons associé un retour d'expérience initial stocké dans une base de données à une méthode d'analyse des risques mettant en jeu les étapes classiques des analyse de risques. Ces analyses requièrent, en effet, un questionnement de la part de l'utilisateur, que nous souhaitons ne pas éliminer du processus d'analyse de risques, même si notre intention est de faciliter cette analyse. Par rapport à la méthode d'analyse des risques initiale, nous avons appauvri le processus de création de scénarios inédits, mais nous enrichissons l'analyse par un apport d'information, sous forme de résultats d'analyse d'équipements analogues.

Cet outil permet ainsi, de disposer d'information sur les menaces que présentent l'activité étudiée, les causes et leurs mécanismes conduisant aux accidents et les principales mesures de maîtrise des risques. A condition qu'il continue à se développer au gré de l'évolution de l'activité, il constitue donc a priori, une référence formelle des conditions sécuritaires comme des accidents qui ont touché et/ou peuvent toucher les entreprises concernées.

D'autre part, la réalisation de l'outil nous a amenés à adopter une démarche et une structuration de l'information qui pourraient éventuellement être réutilisées dans d'autres contextes.

Enfin, cette expérimentation soulève des questions quant à l’applicabilité en PME de l’outil réalisé, compte tenu du fait qu’elle a été réalisée essentiellement dans des petits établissements industriels autres que des PME. En admettant cette applicabilité de l’outil et de la démarche utilisée, notre expérimentation constitue une réalisation de retour d'expérience en PME et petits établissements industriels s’en approchant. Elle contribue alors à démontrer l’utilité du retour d'expérience pour la maîtrise des risques dans les petits établissements industriels, juridiquement indépendants ou non.

4 Les enseignements de l'expérimentation

L'analyse de risques apparaît actuellement comme le besoin le plus urgent en matière de maîtrise des risques relatifs à l'HSE pour les petits établissements industriels, notamment en raison de son caractère légalement obligatoire.
Nous nous intéressons dans cette recherche aux petits établissements industriels qui présentent des lacunes en matière de maîtrise des risques HSE. Or, les conditions locales de fonctionnement de ces établissements se rapprochent de celles de PME.
Dans le premier chapitre, nous avons ainsi mis en évidence que le constat peu reluisant de l'état de la maîtrise des risques dans les petites structures pouvait s'expliquer par leur fonctionnement même. En particulier, le faible degré de formalisation de l'information et la faible prise en compte des questions de HSE compromettent l'utilisation des outils d'analyse de risques d'usage général.

Dans le deuxième chapitre, nous avons dégagé les caractères principaux qui permettent de définir un dispositif de retour d'expérience.
A partir de notre objectif d'analyse de risques et des spécificités des PME, nous avons alors considéré que le dispositif de retour d'expérience que nous souhaitions créer pouvait présenter les caractéristiques suivantes :

- un processus de collecte statique portant sur les accidents et les bonnes pratiques,
- un processus d'analyse clinique dont les résultats soient directement utilisables,
- une organisation permettant la mise en commun du retour d'expérience.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté « l'expérimentation » au cours de laquelle nous avons développé en milieu industriel un outil d'analyse de risques utilisant le retour d'expérience présentant les caractéristiques énumérées au paragraphe précédent. Notre démarche a consisté à capitaliser de l'information relative aux risques dans le domaine du traitement thermique, puis à l'organiser de façon à la rendre facilement utilisable lors d'une analyse de risques et, enfin, à valider l'outil ainsi constitué. Cette démarche était, au départ, volontairement peu formalisée pour pouvoir s'adapter à la réalité industrielle, à la demande

qui a émergé du travail de terrain, à la réalité des informations et des données collectées. Elle s'est affinée lors de sa mise en œuvre dans le domaine du traitement thermique.

L'objectif de ce quatrième chapitre est de tirer de l'expérimentation décrite dans le chapitre précédent des enseignements quant à l'apport du retour d'expérience à la maîtrise des risques dans les petits établissements industriels.
Cette expérimentation ne suffit certes pas, à elle seule, pour légitimer la validation des caractéristiques que nous avons attribuées à un dispositif de retour d'expérience. Néanmoins elle a montré qu'il était possible de réaliser concrètement un tel dispositif sur la base des caractéristiques que nous avions énoncées.
L'expérimentation a également permis de souligner l'importance de deux autres caractéristiques du retour d'expérience :

- le modèle d'organisation des données,
- le type et l'organisation des acteurs du retour d'expérience.

D'autre part, la démarche mise en oeuvre au cours de l'expérimentation constitue un enseignement dans la mesure où elle peut être formalisée. Il est alors a priori possible de la reproduire pour répondre à un objectif d'analyse de risques similaire pour un domaine d'activité possédant des caractéristiques voisines à celles du traitement thermique telles que la prédominance des matériels dans le procédé de production.

Notre terrain d'étude était composé de petits établissements industriels parmi lesquels les PME ont la caractéristique d'être juridiquement indépendantes. En pratique, nous avons pu constater la difficulté supplémentaire de travailler avec ce sous-groupe de notre terrain d'étude.
Il est donc nécessaire de vérifier en quoi la démarche et le dispositif de retour d'expérience proposé sont applicables en PME. La comparaison des caractéristiques du groupe industriel dans lequel s'est principalement déroulée l'étude avec celles qui sont couramment attribuées aux PME nous incite à penser que la démarche et le dispositif sont applicables aux PME à condition de les inclure dans une dynamique de mise en commun de leurs résultats.

Cette mise en commun a fait émerger une utilité potentielle du dispositif que nous n'avions pas envisagée, celle de constituer une base de référence commune aux différents acteurs

impliqués dans la maîtrise des risques d’un ensemble de petits établissements industriels d’un même secteur d’activité.

Dans la mesure où elle est applicable en PME, nous conclurons que l’expérimentation témoigne de l’utilité du retour d'expérience pour les petits établissements industriels de notre terrain d’étude. En revanche, nous verrons également que cette utilité ne peut s’exercer que si le retour d'expérience intervient de façon indirecte au sein d’un dispositif remplissant un objectif identifié de façon naturelle par les chefs d'établissement.

Aussi nous allons maintenant nous intéresser à définir puis valider des caractéristiques générales d'un dispositif de retour d'expérience à partir des caractéristiques observées lors de la mise en place du dispositif ayant servi à l'expérimentation. Nous tenterons ensuite de généraliser la démarche utilisée lors de cette expérimentation en identifiant le cadre dans lequel elle est généralisable puis dans quelle mesure elle est applicable en PME. Nous préciserons enfin toutes les facettes de l’utilité du retour d'expérience que notre expérimentation nous a permis d’identifier dans le contexte des petits établissements industriels.

4.1 Validation des caractéristiques proposées

Nous allons maintenant revenir sur les caractéristiques du dispositif de retour d'expérience constitué lors de notre expérimentation dans le domaine du traitement thermique et les comparer aux caractéristiques d'un dispositif de retour d'expérience applicable dans n'importe quel petit établissement industriel telles que nous les avons définies au chapitre 2. Notre objectif est, ce faisant, de vérifier voire de compléter l'approche théorique initiale au vu de l'expérience.

Nous désignons dans la suite du texte par « dispositif proposé » l'ensemble constitué par l'outil d'analyse de risques (comprenant lui-même un guide présentant la méthode d'analyse de risques, une base de données, un interface d'utilisation de cette base de données) et l'organisation de mise à jour des données.
Seul l'outil d'analyse de risques, que nous assimilons à un retour d'expérience initial, est aujourd'hui construit. La mise à jour des données, sous la forme d'un retour d'expérience itératif ou régulier, a uniquement été validée sur le principe par les professionnels du traitement thermique et le CETIM, organisme porteur du projet.

Nous reprenons donc chacune des caractéristiques théoriques que nous avons attribuées au dispositif de retour d'expérience en recherchant si elle se retrouve dans le dispositif réalisé, si elle est appropriée et ce qui serait également envisageable.

4.1.1 Processus de collecte et d'analyse

4.1.1.1 La collecte

Nous avons considéré qu'un processus de collecte statique, c'est à dire relatif à de l'information antérieure au moment de la collecte était préférable à une collecte dynamique, réalisée lors de l'occurrence d'un événement, qui requiert l'anticipation de l'événement. Une collecte dynamique requiert la mise en place d'un dispositif de mesure plus ou moins automatique et ne permet, généralement que la mesure d'événements simples à portée limitée bien identifiés au préalable (défaillances de composants,…).

La collecte statique nous a permis de nous intéresser à des événements passés et auxquels il n'avait pas été prévu de s'intéresser en amont. La collecte s'est donc effectuée à partir des traces qu'il restait des événements. Ces traces se sont essentiellement résumées à la mémoire des acteurs de l'entreprise en raison, notamment, de l'absence de traces écrites (hormis les déclarations d'accidents de travail souvent difficilement utilisables).

De ce fait, le choix des acteurs s'est avéré très important bien qu'il ait été négligé dans notre expérimentation en raison de son contexte. L'étude s'est, en effet, greffée sur un groupe de travail existant et dont les membres étaient particulièrement participatifs alors que nous disposions de peu de temps sur les sites industriels. Nos interlocuteurs ont donc été, en général, des experts du domaine de la maîtrise des risques en traitement thermique capables de nous parler d'un ensemble de problèmes et de nous apporter la vision globale que nous n'avions pas le temps d'acquérir.

La seconde alternative, la collecte dynamique, suppose l'anticipation de l'événement afin de définir ce qui doit être collecté et une organisation formelle garantissant que la collecte soit faite. Elle demande également une plus grande formalisation, puisque la transmission des données ne peut pas se faire oralement, et une certaine motivation pour prendre le temps de notifier l'événement de façon spontanée.
Ce processus existe néanmoins pour les déclarations d'accidents de travail à l'administration, parce qu'elles revêtent un caractère obligatoire. Ces déclarations n'ont cependant pratiquement pas pu être utilisées dans notre étude. En effet, ayant été conçues pour un objectif différent, elles contenaient des données essentiellement factuelles, portant essentiellement sur les circonstances d'accidents et leurs conséquences sur les opérateurs et non sur les processus de danger et leurs causes.

A la suite de l'étude réalisée, il serait envisageable de réaliser un support de collecte dynamique, après avoir identifié les principaux types d'événements et leurs caractéristiques. Ce processus semble notamment intéressant pour la mise à jour de la base de données (une collecte statique mais régulière étant également envisageable). Cependant, la difficulté restera de motiver l'échange d'information entre les différents participant au dispositif de retour d'expérience.

4.1.1.2 L’analyse des données issues de la collecte

Parallèlement aux processus de collecte, statique ou dynamique, nous avons établi une distinction entre différents types de processus d’analyse, qui peuvent être clinique, s’intéressant de façon approfondie à un événement particulier, ou statistique dans lequel sont considérés certains éléments d’un ensemble d’événements.

L’analyse clinique était préconisée dans notre expérimentation. Elle nous a effectivement permis d’identifier des scénarios d’accidents relativement complexes composés d’événements assez dissemblables.

Il apparaît ainsi qu’une analyse statistique aurait été difficile notamment en raison de la grande variabilité du matériel utilisé qui se traduit par la grande variété de scénarios d’accidents que nous venons d’évoquer. Les matériels sont naturellement variés pour répondre aux différents types de traitement ; mais on rencontre également différentes générations de matériels, un grand nombre de constructeurs qui fournissent souvent des équipements sur mesure, et des matériels, enfin, qui sont quelquefois adaptés in situ pour répondre à des besoins spécifiques.
Pour mettre en place une analyse statistique des données, il faudrait pouvoir identifier des événements qui présentent des caractéristiques suffisamment similaires et leur affecter un dispositif de collecte spécifique, de préférence dynamique afin de préserver l’ensemble des détails utiles.

On pourrait ainsi considérer que le retour d'expérience initial proposé constitue une première phase permettant d’identifier quelques événements qui mériteraient que soit développée une analyse statistique les concernant parce qu’ils interviennent de manière systématique dans certains scénarios d’accident critiques. Par exemple, une explosion de four pour le traitement thermique est suffisamment conséquente pour justifier un tel processus. La connaissance du processus d’accident permettrait de cibler les champs importants qui devraient figurer dans le support de collecte tels que les produits utilisés, la phase de fonctionnement ou encore la configuration du circuit de gaz. Cette analyse statistique permettrait notamment de résoudre une partie des problèmes d’évaluation des risques.

Nous avions comme objectif principal que les résultats du retour d'expérience soient directement exploitables dans l'analyse de risques. Ce point a, en fait, été déterminant dans les modalités de mise en œuvre du retour d'expérience dans cette étude, dont l'objectif était uniquement de produire une méthode d'analyse de risques.

En matière de retour d'expérience, l'objectif détermine à la fois la nature des données à collecter et la façon d'organiser l'information. Le retour d'expérience et la démarche d'analyse de risques sont par conséquent fortement imbriqués et rien ne s'oppose ensuite à organiser les résultats du retour d'expérience sous une forme utile à l'analyse de risques.

En revanche, le fait de considérer que l'analyse va s'appuyer essentiellement sur les résultats du retour d'expérience implique que le support de l'analyse soit mis à jour au gré du retour d'expérience. Ceci impose de se donner les moyens d'intégrer régulièrement des modifications à l'ensemble des données contenues dans l'outil. On simplifie alors la tâche de l'analyste mais on alourdit l'« entretien » de l'outil.

4.1.2 Type d'expériences

4.1.2.1 Prépondérance des accidents graves

Les accidents et les bonnes pratiques ont contribué à la constitution de l'outil d'analyse de risques. Les accidents les plus graves sont toutefois ceux qui sont le plus intervenus. Nos interlocuteurs se sont en effet focalisés en premier lieu sur ce type d'événements lorsqu'ils ont défini le programme de visite des sites et organisé les premières visites.

D'autre part, nous avons également eu plus de difficulté à traiter les accidents impliquant une relation directe entre l'opérateur et l'équipement, comme les accidents liés aux presses ou aux tronçonneuses, que les accidents impliquant des enchaînements causaux plus complexes mais essentiellement techniques.

Cette difficulté s'explique notamment par la structure de l'outil basée sur les relations causales alors que dans le cas des accidents « simples », le danger est présent en permanence et l'accident semble, aux yeux des acteurs de l'entreprise, arriver de façon aléatoire.

Ce type d'accident intervient sur des équipements nombreux et variés et le danger est souvent de nature mécanique alors que dans les autres cas, nous avons traité des enchaînements longs pour des équipements ciblés et peu nombreux mais présentant des risques de natures diverses (explosion, incendie,…).

L'organisation à partir des événements non souhaités (ENS) a en définitive permis d'inclure les accidents « simples » en les regroupant dans des « familles » d'événements ciblées. Ils sont ainsi mentionnés dans la base de données tout en y étant toutefois moins développés.

L'identification des expériences positives et en particulier des solutions techniques et des bonnes pratiques a été plus délicate. Ces expériences étaient en général directement associées aux accidents graves et leur application était souvent très liée à un contexte spécifique. Leur généralisation est alors rendue difficile par la variété des matériels et au fait que nous n'ayons pas analysé le contexte, notamment organisationnel, de façon approfondie.

4.1.2.2 Des facteurs causaux essentiellement techniques

Les facteurs techniques ont été privilégiés au détriment des facteurs humains et organisationnels. Ce sont effectivement les facteurs les plus facilement accessibles et les plus faciles à traiter notamment dans le cas de regroupement des données de différentes entreprises.
De plus, le choix des facteurs causaux (comme celui des événements pris en compte) dépend de l'objectif attribué à l'analyse de risques que doit permettre l'outil. Dans notre expérimentation, l'objectif initial était de déterminer les conditions favorables à la maîtrise des risques des matériels en exploitation lors de leur implantation en visant essentiellement des conditions techniques.

Toutefois, l'outil d'analyse de risques proposé n'empêche pas de traiter les facteurs humains et organisationnels qui trouvent leur place dans l'arbre des causes. Par exemple, l'ouverture de la porte d'un four dans une mauvaise phase du cycle de traitement peut avoir été provoquée par un ensemble de causes liées au comportement humain (erreur de manipulation, erreur d'interprétation,…) ou à des facteurs organisationnels (ordres incohérents, absence de directives ou d'information), qu'il est possible de faire apparaître dans l'arbre des causes de l'accident. Des arbres des causes organisationnelles sont, notamment, développés dans le programme ARAMIS[42].
En revanche, l'outil ne permet pas de mettre en évidence certaines causes indirectes qui sont apparues au cours du retour d'expérience initial. Par exemple, nos interlocuteurs ont identifié des différences de maîtrise des risques entre deux ensembles de sites appartenant au même

[42] Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of Seveso II directive

groupe industriel, qui constituaient autrefois deux entreprises distinctes. L'une d'elles n'avait toujours employé que des métallurgistes et présentait un niveau de sécurité bien inférieur à celui de la seconde qui s'était mise progressivement à employer du personnel spécialisé dans d'autres disciplines telles que la maintenance ou la qualité. Or, nous n'avons pas pu intégrer ce genre de considération bien qu'elle ait manifestement eu une conséquence concrète sur le contexte général de certains sites.

Là encore, on peut toutefois considérer que le dispositif réalisé constitue une première phase et qu'une phase ultérieure pourrait consister à développer des approches différentes, axées sur les facteurs humains (en utilisant la Méthode d'Analyse de la Fiabilité et d'ERGonomie Opérationnelle (MAFERGO) [FADIER 96]) ou sur les facteurs organisationnels (en utilisant la méthode REXAO [COLLARDELLE 00]).
Cependant, il est important de noter qu'une des limites du retour d'expérience est que son résultat dépend en partie de la qualité des données collectées. Dans notre étude, nous avons été amenés à collecter la perception que nos interlocuteurs avaient des risques. Ceux-ci étaient spécialisés dans le domaine de la maîtrise des risques, ce qui a peu de chance d'être le cas dans un contexte réellement de PME. Ceci n'empêche certainement pas qu'une bonne qualité des données soit atteinte mais en utilisant des techniques d'interview un peu plus développées et en augmentant le temps d'étude sur les sites industriels.

4.1.2.3 Explicitation du modèle d'organisation des données

Au vu des précédentes caractéristiques, relatives aux processus de collecte et d'analyse ainsi qu'au type d'expérience et aux facteurs causaux dans le cas d'événement complexe, le modèle d'organisation des données nous semble constituer une caractéristique du dispositif de retour d'expérience à part entière.
Nous avons défini des caractéristiques du retour d'expérience qui sont attachées au processus de collecte, à l'analyse des faits, ainsi que d'autres caractéristiques relatives au type d'expérience retenu ou aux facteurs causaux associés à des événements complexes. Une autre caractéristique est liée à l'organisation des données.
Dans notre expérimentation, nous avons choisi de collecter les données de façon la plus ouverte possible et donc de ne pas choisir d'emblée un modèle d'organisation des données.

Cependant, nous avons dû avoir recours rapidement à un tel modèle pour affiner cette collecte et pour pouvoir utiliser les données.
Ce modèle est indépendant du processus statique ou dynamique de collecte comme du processus clinique ou statistique d'analyse, il peut aussi varier pour un même type d'expérience (il existe de nombreux modèles d'organisation des données du retour d'expérience événementiel) et n'est pas nécessairement influencé par la façon de structurer le retour d'expérience. Par conséquent l'explicitation du modèle d'organisation des données nous semble nécessaire pour caractériser un dispositif de retour d'expérience.

4.1.3 Organisation et type d'acteurs impliqués dans ce processus

En matière d'organisation du retour d'expérience, nous avons essentiellement préconisé un positionnement de l'établissement au sein d'un regroupement de plusieurs entreprises fédérées par un organisme centralisateur. Une telle organisation permet de collecter une quantité de données d'autant plus importante qu'elle fait appel à un nombre important d'établissements participants, tout en reportant la charge de l'analyse, de l'exploitation et de la diffusion des données à l'organisme centralisateur.
L'organisation des acteurs du retour d'expérience impose par ailleurs une bonne définition des personnes interrogées au cours du retour d'expérience initial, des personnes amenées à utiliser l'outil d'analyse de risques, des personnes participant à la mise à jour des données, etc. Ce point n'a pas été suffisamment souligné dans notre expérimentation, notamment parce que l'étude n'a pas été envisagée par nos partenaires comme un processus de retour d'expérience.

L'expérimentation a eu lieu dans un contexte se rapprochant de l'organisation préconisée en termes de positionnement de l'entreprise.
Le groupe d'entreprises initialement visé était la profession entière du traitement thermique. Dans les faits, la profession s'est réduite aux traiteurs à façon, ressortissants du CETIM qui est l'organisme porteur du projet. Ainsi, les traiteurs intégrés, ressortissants parfois d'autres centres techniques et par conséquent n'intervenant pas financièrement dans l'étude relative au traitement thermique, ne se sont d'emblée pas impliqués dans le projet.
Enfin parmi les traiteurs à façon, seules deux entreprises sont intervenues lors de la conception de l'outil : d'une part, la plus grosse des entreprises de traitement à façon (qui représente plus de 80% de l'activité du traitement à façon), très engagée en matière de

sécurité et composée de nombreux sites de petite taille, et d'autre part, dans une moindre mesure une petite entreprise.
Nous avons donc considéré les sites du groupe et la petite entreprise comme le groupement de petits établissements industriels associés à notre étude.

La mise en commun du retour d'expérience par le biais du CETIM se justifie notamment par le fait que la petite entreprise ne dispose pas à elle seule des ressources nécessaires à la mise en œuvre du dispositif de retour d'expérience proposé. Le groupe industriel aurait éventuellement la possibilité matérielle d'organiser le retour d'expérience, lui-même, et la mise en commun de l'information entre les différents site. Mais nous avons pu constater qu'il ne disposait pas des connaissances et des techniques nécessaires à cette mise en œuvre.
La situation pourrait être différente dans d'autres petits établissements industriels en fonction des moyens matériels disponibles et de la culture des chefs d'établissement concernés, tant ces établissements sont variés. Cependant, nous pensons avoir rencontré, au cours de notre expérimentation, un contexte assez représentatif de la majorité des petits établissements industriels dont la maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement n'est pas prise en charge par une entité spécialisée de façon très formalisée.

L'expérimentation a également souligné d'autres intérêts de cette mise en commun du retour d'expérience.

En premier lieu, le travail permettant d'obtenir le retour d'expérience initial n'aurait pas pu être réalisé sans l'intervention d'un organisme extérieur. La réalisation de l'étude a notamment demandé un travail de formalisation que nos interlocuteurs avaient du mal à faire, par manque de temps ou de recul. De même, un regard extérieur a permis de prendre en compte de façon plus objective la pluralité des points de vue des différents interlocuteurs.
La construction de la typologie des matériels illustre ces deux points. En effet, alors que chacun de nos interlocuteurs avait une très bonne connaissance des matériels et une idée informelle de typologie possible, nous n'avons obtenu, avec un peu de difficulté, que l'esquisse du premier niveau, lors d'une réunion du groupe de travail. Il a été finalement plus simple de construire seuls une typologie à partir des informations fournies par ces interlocuteurs et de leur faire valider le résultat de façon successive afin d'éviter de nombreux débats.

D’autre part, les entretiens relatifs au retour d'expérience ont clairement montré que le retour d'expérience est fortement souhaité par les personnes en charge d’une problématique à un niveau global. Ils perçoivent nettement l’intérêt que le retour d'expérience présente pour leur fonction comme celui qu’il apporte au personnel des sites.

En revanche, les personnes des sites, auprès desquelles s’effectue la collecte mais qui sont également les bénéficiaires réels des enseignements du retour d'expérience, n’en voient pas l’intérêt. La collecte représente un travail supplémentaire, consommateur de temps et dont le formalisme va à l’encontre des habitudes. Il n’est également pas toujours souhaité de faire appel à des solutions extérieures au site alors que l’autonomie fait partie des valeurs de la PME, et que les sites s’apparentent encore beaucoup à ce type de structure. Enfin, les personnes des sites estiment souvent savoir tout ce qu’elles ont à connaître de leur activité, sous forme de connaissances tacites, et que la formalisation de cette connaissance ne leur est pas utile.

La mise en commun du retour d'expérience introduit le niveau global, qui perçoit l’intérêt du retour d'expérience, et justifie la formalisation de l'expérience pour le petit établissement. Il s’agit également moins de recourir à une solution provenant de l’extérieur que de participer à la définition d’un référentiel dans lequel sont présentées différentes solutions dans un ensemble cohérent et non de façon isolée.

4.1.4 Conclusion

L’expérimentation que nous avons menée ne nous permet certes pas de valider la typologie des caractéristiques que nous avons définie au chapitre 2. Elle nous a toutefois permis de vérifier que ces caractéristiques permettaient de décrire le dispositif effectivement réalisé à condition de rajouter explicitement le modèle d’organisation des données et l’organisation et la nature des acteurs du retour d'expérience.

Les caractéristiques qui nous semblent nécessaires pour définir un dispositif de retour d'expérience, à partir d’un objectif donné et dans un contexte donné, sont donc les suivantes :

- le processus de collecte,
- le processus d’analyse,
- le modèle d’organisation des données,
- le type d’expérience pris en compte,
- les types de facteurs causaux considérés (pour les événements),
- le positionnement des entités intervenant dans le processus de retour d'expérience,
- l’organisation et le type d’acteurs impliqués dans ce processus.

Nous allons maintenant regarder en quoi cette démarche est généralisable. Compte tenu du contexte particulier de l'expérimentation, nous nous intéresserons ensuite à l'applicabilité de cette démarche et du dispositif proposé en PME.

4.2 Une démarche généralisable dans un contexte donné

Au-delà des caractéristiques du dispositif de retour d'expérience proposé, nous pensons que la démarche que nous avons utilisée pour le réaliser lors de notre expérimentation, constitue un enseignement en elle-même.
Comme nous l'avons précisé, le dispositif proposé peut se décomposer en un outil d'analyse de risques et un dispositif destiné à mettre à jour les données qu'il contient.
Actuellement, seul l'outil d'analyse de risques a été réalisé ; le dispositif de mise à jour doit, quant à lui, faire l'objet d'une nouvelle phase de l'étude selon les principes présentés dans le chapitre 3.

La validation de l'outil d'analyse de risques porte sur deux niveaux :

- la validation des données issues du retour d'expérience ; elle a eu lieu au cours de l'élaboration de l'outil ;
- la validation de la démarche d'analyse de risques et de l'outil associé. Cette validation est plus délicate car l'utilisation de la démarche et de l'outil nécessite leur appropriation par les acteurs de terrain. Elle ne peut donc être que progressive et forcément liée à une compréhension de la logique globale de l'analyse de risques et de la logique spécifique de la démarche proposée et de l'outil.

Néanmoins, nous considérons que la démarche utilisée est généralisable à partir du moment où nous pouvons la formaliser. En indiquant les objectifs et les limites de chacune de ses étapes, nous pourrons préciser les situations dans lesquelles elle peut s'appliquer.

La Figure 18 synthétise la démarche mise en œuvre lors de l'étude initiale qui visait à proposer une démarche d'analyse de risques pour la profession du traitement thermique. Ce schéma constitue également la structure de base de la méthode générale que nous pourrions proposer pour d'autres secteurs d'activité.

Nous allons maintenant examiner en détail chacune des étapes de la démarche afin d'en décrire les caractéristiques et d'en fixer les limites telles que nous pouvons les déduire de

notre expérimentation. Ceci nous permettra de voir dans quelle mesure la démarche retenue serait applicable dans un autre contexte.

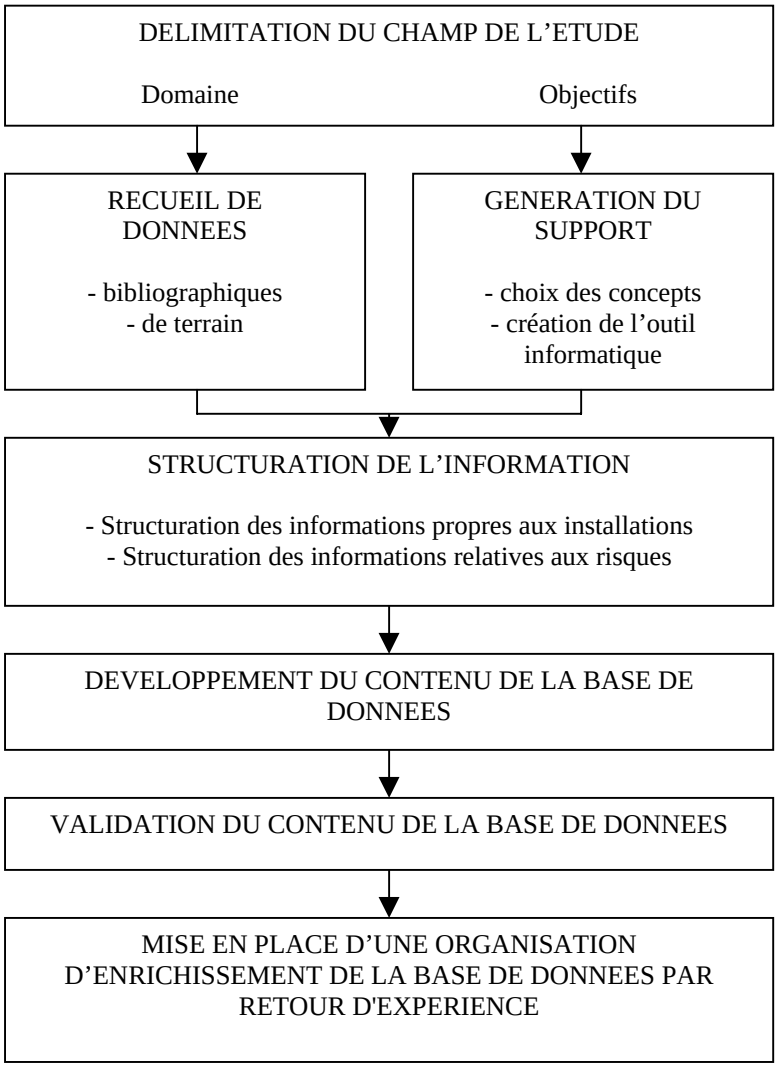

DELIMITATION DU CHAMP DE L'ETUDE
Domaine
Objectifs
RECUEIL DE DONNEES
- bibliographiques
- de terrain
GENERATION DU SUPPORT
- choix des concepts
- création de l'outil informatique
STRUCTURATION DE L'INFORMATION
- Structuration des informations propres aux installations
- Structuration des informations relatives aux risques
DEVELOPPEMENT DU CONTENU DE LA BASE DE DONNEES
VALIDATION DU CONTENU DE LA BASE DE DONNEES
MISE EN PLACE D'UNE ORGANISATION D'ENRICHISSEMENT DE LA BASE DE DONNEES PAR RETOUR D'EXPERIENCE

Figure 18 : Schéma de la démarche

4.2.1 Délimitation du champ de l'étude

Nous considérons que l'objectif de l'étude est de réaliser un outil d'analyse de risques et qu'elle s'inscrit dans un contexte de mise en commun du retour d'expérience. Ce cadre étant fixé, la finalité de cette étape porte sur les résultats attendus de l'étude et sur la définition des limites du domaine étudié.

4.2.1.1 Remarque préliminaire

La mise en commun du retour d'expérience suppose au préalable la création d'un groupe de travail qui réunisse les futurs utilisateurs (qui sont en même temps ceux qui fournissent l'essentiel des données) l'organisme centralisateur et éventuellement d'autres instances en tant que conseil et support (syndicat, centre technique, constructeur, médecin de travail, CRAM, DRIRE, etc.). Cette étape préalable doit permettre de fixer le cadre de l'étude selon un processus de négociation de façon à débuter l'étude sur une base admise par l'ensemble du groupe de travail.

4.2.1.2 Les résultats attendus

Les résultats de l'étude dépendent en premier lieu des objectifs assignés à l'analyse de risques. Dans notre expérimentation, l'objectif initial de l'analyse de risques était essentiellement de déterminer les conditions d'implantation permettant une meilleure maîtrise des risques en exploitation. Il a ensuite évolué vers une évaluation des risques liés à l'utilisation des équipements de travail.

Les résultats de l'étude dépendent également des acteurs qui utiliseront le dispositif. Dans notre cas, il s'agissait des responsables de sites ayant une bonne connaissance de l'ensemble de l'entreprise mais non spécialistes de la maîtrise des risques industriels.

Enfin, le choix du support (document ou logiciel), le mode de diffusion de l'outil (distribution aux membres du groupe d'entreprises, commercialisation, support de formation), ou encore le niveau de détail souhaité sont des caractéristiques des futurs résultats de l'étude à déterminer dès le début de celle-ci. Ces caractéristiques auront des implications notamment sur la durée et le coût de l'étude.

4.2.1.3 Les limites du domaine étudié

Les limites du domaine désignent les activités et les différents procédés à prendre en compte ainsi que les dispositifs associés. L'organisation des données est construite selon une approche par types de matériel. Par conséquent, les domaines d'activité auxquels peuvent s'appliquer la démarche sont des domaines où ces types de matériels interviennent de façon prépondérante dans le procédé : on doit notamment être capable de rattacher les activités principales au matériel utilisé.

Ces limites sont principalement définies par le choix des experts et des sites industriels qui participent au recueil d'information. Nous utilisons le terme « expert » comme le fait J.

Pomian [POMIAN 96] « dans son acception la plus large et désignant les personnes qui ont constitué empiriquement, au cours de leur vie professionnelle, un capital savoir forgé grâce aux activités exercées au sein de leur entreprise ou organisation ». Leur nombre dépend de l'étendue et de la partition du domaine ; cependant trois experts est un minimum pour éviter une éventuelle polarisation d'avis contradictoires et à l'opposé un nombre d'experts trop important alourdit les phases de validation et complique la réunion du groupe de travail.

4.2.2 Recueil de données

L'objectif de l'étape est de recueillir des données permettant de connaître :

- le fonctionnement du matériel,
- le déroulement des activités mettant en jeu ce matériel,
- les processus de danger,
- l'identification des composants et/ou produits sensibles ou dangereux.

4.2.2.1 Données bibliographiques

L'exploitation des informations formelles disponibles sur le domaine étudié et les risques associés à ce domaine, permet de fixer le canevas de l'étude. Ces informations servent généralement de référence pour situer les participations des différents experts, chacun d'eux ne se plaçant pas toujours sur le même registre. Elles permettent également d'approfondir des aspects théoriques pour accéder à une meilleure compréhension de points délicats.
Les données bibliographiques sont ainsi particulièrement utiles dans la phase exploratoire de l'étude pour donner une idée générale du domaine, puis au cours de l'étude proprement dite pour, au contraire, apporter les approfondissements nécessaires sur des points précis.

4.2.2.2 Données de terrain

Les données de terrain constituent cependant l'essentiel du contenu informationnel. Elles sont obtenues par des entretiens semi-directifs réalisés au plus près du terrain sur les sites industriels. L'expert dispose ainsi d'un support favorable au fonctionnement de sa mémoire et la personne réalisant les entretiens est à même de poser les questions que lui inspirent les situations rencontrées.
La définition du domaine a permis d'identifier les équipements et/ou activités sur lesquels devait porter l'outil et par conséquent la collecte d'information.
Pour chaque activité, poste de travail ou équipement abordé, on recherche la liste des dangers existant et des dispositifs ou dispositions envisagés pour prévenir le risque ou protéger les

cibles éventuelles. On s'intéresse en particulier aux accidents connus ou imaginables, en fonctionnement normal comme en fonctionnement dégradé.

Il est nécessaire de pouvoir recouper les informations fournies par les différents experts car ceux-ci peuvent introduire des biais motivationnels ou cognitifs. De tels biais sont décrits dans une étude relative à l'estimation de la fiabilité [ISDF 96] ; certains d'entre eux s'appliquent également au recueil d'information. Les biais motivationnels traduisent le ***conflit d'intérêt*** propre à chaque expert ; ils expliquent par exemple la distance entre le point de vue du constructeur et celui de l'exploitant. Les biais cognitifs sont les suivants :

- la ***confiance excessive*** : elle entraîne de la part de l'expert une sous évaluation de l'incertitude de ses dires;
- le ***niveau de connaissance*** : l'expert accorde une plus grande importance à ce qu'il a personnellement rencontré ;
- la ***perception des événements extrêmes*** : les auteurs de l'étude donnent l'exemple de la météorologie où les événements de faibles probabilité ont tendance à être sous-estimés au profit des événements de forte probabilité. Dans notre contexte, les experts peuvent ainsi avoir tendance à ne pas évoquer les scénarios peu probables ;
- la ***perception des événements ayant des conséquences sévères*** : les auteurs évoquent cette fois le domaine médical dans lequel les experts surestiment la probabilité des événements dont les conséquences sont importantes. Dans notre contexte, les experts peuvent avoir tendance à polariser le recueil d'information sur les accidents les plus graves ;
- la ***familiarité*** : les experts ont une confiance plus grande dans les méthodes qui leur sont familières ;
- la ***conviction profonde*** : certains experts sont convaincus de leur opinion et refusent d'en changer, même lorsque de nouvelles informations deviennent disponibles.

Il est ainsi nécessaire de recouper les dires d'experts mais aussi d'appliquer une méthode systématique de recueil : aborder l'ensemble des matériels et activités présents dans l'atelier en passant en revue la liste complète des dangers connus, de façon informelle à travers l'échange entre l'expert et la personne qui l'interroge.

D'autre part, un certain nombre de documents peuvent être recueillis au niveau du terrain comme les plans ou les fiches de données de sécurité des produits chimiques utilisés qui

fournissent des informations précises et souvent précieuses et qu'il est par la suite fréquemment difficile d'obtenir.

4.2.2.3 Validation des données

La masse de données recueillie est souvent importante, large et discontinue. Les personnes chargées de l'étude doivent s'approprier l'information qu'elle contient avant d'être en mesure de l'utiliser. Cette étape met en évidence les lacunes et les incompréhensions mais introduit également des distorsions de la part des personnes effectuant l'étude. La validation par les experts de l'information restituée par ces personnes après leur appropriation, est donc nécessaire afin de s'assurer de la justesse des données initiales et de leur interprétation.
Le document de validation doit essentiellement faire apparaître l'ensemble des dangers identifiés, les types de matériels et activités pris en considération et les principaux mécanismes de réalisation des dangers.

4.2.3 Génération du support de l'information

Si la collecte de données est nécessaire pour tout nouveau domaine d'activité pris en considération, deux cas de figure se présentent en ce qui concerne le support d'information.

1. On peut considérer le cas général dans lequel on cherche à recréer intégralement le dispositif. Dans ce cas, nous reprenons les concepts utilisés et sans entrer dans le détail les principaux éléments de la structure informatique.
2. On peut également envisager d'utiliser le dispositif existant pour un nouveau domaine d'application. L'utilisation de l'outil pour le domaine du traitement de surface est notamment en cours de négociation avec le CETIM. Dans ce cas, la structure est conservée et de nouvelles données peuvent être directement introduites dans les différentes tables de la base de données.

Nous allons maintenant décrire les étapes de conception de l'outil informatique support du retour d'expérience. Nous nous intéresserons ensuite à l'outil réalisé dans le cadre de l'expérimentation. Nous montrerons notamment que cet outil est susceptible de servir de support à un retour d'expérience et à son utilisation pour l'analyse de risques pour un autre domaine d'activité.

4.2.3.1 Création d'un nouveau support d'information

L'outil proposé repose sur l'utilisation d'une base de données. Les entités de cette base de données sont avant tout déterminées par les concepts utilisés pour décrire le processus de danger.

4.2.3.1.1 Choix des concepts

Un grand nombre de modèles d'accident existent. Nous proposons celui que nous avons utilisé dans le cadre du traitement thermique, le modèle MADS (Méthodologie d'analyse de dysfonctionnement des systèmes).

Le système se décompose en sous-systèmes. Sous l'effet d'événements initiateurs (internes ou externes au sous-système), un sous-système peut émettre des flux de danger susceptibles de produire des impacts sur différentes cibles (l'homme, le milieu naturel, des matériels). La libération de ces flux constitue un événement non souhaité. (voir le modèle MADS § 3.2.1.2, Figure 10)

Les concepts que nous utilisons sont alors :

- Les ***événements initiateurs*** ou les causes de la libération de flux de danger: Ce sont généralement des combinaisons d'événements décrivant un enchaînement causal.
- Les ***événements non souhaités*** (ENS): Pour structurer l'information de façon homogène, nous désignons ici par événement non souhaité, l'événement de l'enchaînement causal qui produit un flux de danger ayant une conséquence directe sur une cible. Par exemple, nous considérons qu'une fuite, interviendra dans un enchaînement causal mais ne constitue pas un ENS car elle ne produit pas en tant que tel d'impact ; elle sera en revanche à l'origine d'une émanation de produit inflammable ou toxique, selon les cas, qui ne produisent pas les mêmes impacts.
- Les ***flux de danger***: Ils sont constitués de matière, d'énergie ou d'information, ce sont les vecteurs physiques du danger.
- Les ***impacts*** sur les hommes, le milieu naturel ou les matériels: ce sont les dommages que l'on souhaite éviter.

4.2.3.1.2 Création de l'outil informatique

L'outil informatique comprend la base de données proprement dite et des modules permettant de l'exploiter. Sans trop rentrer dans le détail, car nous ne saurions substituer ce paragraphe à la maîtrise du logiciel de gestion de base de données que nécessite la création de l'outil informatique, nous présentons les principales entités et modules intervenant dans cet outil.

Les entités concernent trois domaines : les sous-systèmes, les scénarios de danger et les mesures de protection et de prévention.

Les sous-systèmes sont représentés par :

- les matériels et activités pris en considération dans l'étude, avec des attributs tels que son numéro (dans la table) et son nom, son coût, une image et autres informations utiles dans le cadre de l'étude ;
- les sous-systèmes définis par les utilisateurs avec les matériels et activités correspondant en attribut ;
- éventuellement les composants des équipements et les produits utilisés s'ils interviennent dans les causes des ENS.

On retrouve ensuite les différentes notions intervenant dans le processus de danger :

- les événements non souhaités (ENS) définis pour le domaine étudié ;
- les flux de danger ;
- les impacts avec la nature de leurs cibles en attribut ;
- les arbres des causes qui comprennent des attributs particuliers permettant de créer l'arborescence (référence de l'événement de l'arbre auquel se rapporte le nouvel événement (événement père, « abb » par exemple), référence du nouvel événement (événement fils, « abba »), texte du nouvel événement, la porte associée, etc.) et de l'afficher (position et longueur) ;
- les scénarios qui relient l'ENS, l'arbre des causes, les flux de danger et les impacts pour un sous-système particulier et auquel l'utilisateur affecte un niveau de gravité et de probabilité.

Les mesures de sécurité prises (appelées aussi barrières de sécurité) constituent une entité comportant des attributs relatifs au type de mesure et à l'événement de l'arbre des causes ou à l'impact auxquels on peut la rattacher.

De nombreux modules sont imaginables pour réaliser l'interface entre la base de données et l'utilisateur de l'outil. Les principaux modules sont relatifs à la construction des arbres avec notamment :

- la génération de l'arborescence,
- la mise à jour complète de l'arbre,
- la copie d'arbre,
- la mise en forme des arbres pour l'affichage,

D'autres modules sont rattachés à la hiérarchisation des scénarios :

- la génération de la grille Gravité x Probabilité
- l'acceptabilité des niveaux de la grille,
- le placement des scénarios,

Enfin d'autres modules sont dédiés à l'établissement des états tels que les rapports sur les événements ou sur les mesures.

4.2.3.2 Utilisation de la structure informatique du dispositif existant

Nous décrivons maintenant l'utilisation du logiciel qui constitue l'outil d'analyse de risques existant, construit à partir des entités précédemment décrites. Ce logiciel pourrait, en effet, être réutilisé pour traiter les données relatives à tout autre domaine d'activité dont on pourrait organiser l'information en matière de risques selon le modèle d'organisation proposé.

Ce logiciel se présente sous la forme d'une série de formulaires. Pour le détail de l'utilisation de ce logiciel, son mode d'emploi figure en annexe.
Le formulaire d'accueil propose :

- un mode « administrateur » qui permet de modifier le contenu de la base de données en introduisant de nouveaux matériels ou de nouveaux événements ou risques. Il permet également d'introduire un nouveau jeu de données relatives à un nouveau domaine d'activité.
- un mode « analyse de risques ».

L'analyse commence par la description de l'installation puis des ateliers qui la composent, à partir de formulaires. Un bouton "définir les grilles gravité/probabilité"conduit au formulaire de définition des grilles. Il permet notamment de construire de nouvelles échelles de gravité ou de probabilité adaptées au contexte de l'entreprise et d'établir la limite d'acceptabilité dans une grille gravité/probabilité associant deux échelles.

L'analyse est menée atelier par atelier. Un formulaire de description de l'atelier permet de décrire l'atelier qui fait l'objet de l'analyse. Pour cela il est nécessaire d'indiquer les matériels présents en sélectionnant dans une liste les caractéristiques de ces matériels (caractéristiques

définies sous la forme d’une typologie) et en leur faisant correspondre le nom usuel du matériel.

Dans le formulaire « *Sélection des événements non souhaités pertinents* » est listé l'ensemble des événements non souhaités redoutés pour l'atelier. L'utilisateur doit choisir dans cette liste les événements retenus pour l'analyse de risques approfondie. Il peut en visualiser l'arbre des causes qui correspond au scénario le plus courant pour le matériel considéré, en cliquant sur "arbre des causes". Cet arbre constitue donc seulement une indication, un point de départ pour l'analyse approfondie du risque considéré, et pourra être modifié dans les étapes suivantes de l'analyse.
En cliquant sur "arbre spécifique" on peut afficher puis modifier l'arbre des causes initial correspondant à l'atelier et au matériel particulier présent dans cet atelier. L'arbre spécifique alors obtenu est donc construit sur la base de l'arbre des causes initial. Ces modifications n'affectent pas l'arbre des causes initial. Elles sont stockées dans la base de données et peuvent être consultées et changées à tout moment.
Lorsque l'on clique sur la case d'un événement constitutif de l'arbre, on aboutit sur le formulaire de modification de l'événement. Cela permet d'en modifier le libellé ainsi que les événements (causes) qui le suivent dans l'arbre des causes. On peut ainsi construire un arbre des causes spécifique correspondant parfaitement au contexte de l'analyse. Dans ce même formulaire de modification on peut définir les mesures de prévention adoptées pour réduire la probabilité de l'événement final.
D’autres formulaires permettent de créer et de modifier des échelles de gravité et de probabilité et une limite d’acceptabilité. Le formulaire « *Evaluation des scénarios d'accident sélectionnés* » établit la liste des scénarios d'accident qui associent les événements non souhaités sélectionnés aux étapes précédentes aux conséquences qu'ils peuvent avoir sur les cibles potentielles. Pour chaque scénario, L'évaluation de la gravité et de la probabilité peut être définie pour chaque scénario.

En dernier lieu, un formulaire final permet d'accéder aux rapports de synthèse de l'analyse pour l'atelier dont le nom est affiché en haut du formulaire.

4.2.4 Structuration de l'information

4.2.4.1 Structuration des informations propres aux installations

La démarche d'analyse de risques intervenant dans l'outil est basée sur la notion de système. Ce système est l'usine ou l'atelier dédié au domaine d'activité considéré. L'objectif de l'étape de structuration des informations propres aux installations est de définir les sous-systèmes à partir desquels un utilisateur pourra reconstituer son propre système.

Comme nous l'avons vu, la collecte de données porte sur l'ensemble des activités et équipements rattachés au domaine d'activité visé par l'étude. Cette collecte permet de relever des constantes dans les différents sites industriels visités. Il est alors possible d'identifier les fonctions principales d'un atelier puis de leur associer des activités et équipements particuliers. Ce premier niveau de hiérarchisation est le point de départ d'une typologie, ou classification des différents éléments recueillis à savoir des activités et des équipements.
La discrimination de ces éléments au sein de cette typologie se fait généralement selon divers critères dépendant du domaine étudié et du niveau atteint dans la typologie. Il peut s'agir par exemple de l'étape de production à laquelle appartiennent les éléments, de leur conception, des produits utilisés, etc.
Selon le critère de discrimination utilisé, la différence considérée entre deux éléments de la typologie est ou non significative vis-à-vis des risques : deux éléments peuvent par exemple avoir deux conceptions différentes mais posséder les mêmes éléments dangereux.
Il est alors possible de regrouper les équipements par famille présentant des similitudes. Nous avons notamment identifié deux cas de regroupement :

- une même conception avec l'utilisation de produits différents : nous avons alors créé une famille liée à la conception impliquée et étudié le cas du produit dont le danger était majorant ;
- des conceptions variables mais avec l'utilisation d'un même produit : la famille était liée à un type de conception (à un niveau peu détaillé de la typologie) caractéristique de l'utilisation du produit (par exemple, nous avons utilisé une conception générique pour les bains de sels ; il existe diverses conceptions mais toutes possèdent des caractéristiques qui permettent de contenir un bain de sels fondus.). Nous avons alors

traité le cas général et introduit des variantes lorsque c'était nécessaire dans les arbres des causes impliqués.

La création d'une typologie des équipements permet de s'assurer d'une bonne exhaustivité des équipements pris en compte. Elle permet également de discerner des familles d'équipements notamment vis-à-vis des risques. Il est alors possible de ne traiter que certains équipements auxquels on peut facilement rapprocher d'autres équipements lors de l'analyse de risques.

4.2.4.2 Structuration des informations relatives aux risques

Cette étape consiste à déterminer les ENS, flux de danger et impacts inhérents au domaine d'activité étudié.
La liste des dangers est en général accessible dès la phase de recueil de données. Il est également possible d'avoir recours à une check-liste, comme la grille de danger proposée par MOSAR [PERILHON 00], pour l'obtenir de façon systématique.
La manifestation de ces dangers se réalise par le biais de flux de danger qu'il est alors possible d'identifier ; par exemple, le flux de danger lié à un danger d'intoxication est un produit toxique, un heurt se produit par l'effet de l'énergie cinétique, etc..
Ces flux de danger ont des impacts connus sur l'homme, le milieu naturel ou les matériels. On peut donc établir une relation potentielle entre les flux et les impacts sans nécessairement connaître l'enchaînement causal qui les produit ni évaluer de façon formelle la gravité de l'impact.

D'autre part, l'information issue des données collectées et en particulier la connaissance des accidents, permet d'identifier pour les différents équipements/activités des événements indésirables.
Ces événements peuvent intervenir à différents niveaux de causalité. Par exemple, la rupture d'une canalisation provoque une fuite d'eau de refroidissement. Cette fuite permet l'introduction d'eau dans l'huile ce qui crée une émulsion eau/huile. Son réchauffement provoque une surpression suivie d'une explosion du four qui provoque des blessures et des dégâts matériels.

Chaque événement de cette séquence peut constituer un événement indésirable. Pour organiser l'information, nous avons choisi de désigner par ENS, l'événement qui génère directement le flux de danger ayant un impact direct sur au moins une des cibles (homme, milieu naturel, matériel). En l'occurrence, nous avons considéré que l'ENS était l'explosion du four, les flux de danger sont l'onde de pression et les projectiles, qui provoquent des blessures et des dégâts matériels. L'ENS explosion est lui-même crée par un enchaînement causal que l'on retrouve parmi les combinaisons d'événements d'un arbre des causes. On peut également noter que l'ENS véritablement pris en compte est « l'explosion par surpression » pour le distinguer d'autres catégories d'explosion telles que l'explosion de gaz inflammables issue d'une réaction chimique, ou l'explosion de bain de sels due à la dilatation d'une poche de gaz.

Chaque ENS est alors le sommet d'un arbre des causes générique, soit un arbre non destiné à un sous-système particulier. Cet arbre rassemble les événements nécessaires et suffisants à la réalisation de l'ENS et tenant compte des différentes configurations identifiées sur l'ensemble du domaine. Il est parfois nécessaire de découper l'ENS en différentes configurations pour obtenir des arbres génériques mieux adaptés au domaine (exemple des différents types d'explosion pour le traitement thermique).
Les listes de flux, d'impacts et d'ENS conçues pour le traitement thermique peuvent également servir d'exemple et de point de départ à un raisonnement par analogie.

A partir du moment où l'on peut établir un enchaînement causal, il est a priori possible de trouver une liste d'ENS, de flux de danger et d'impacts à partir desquels on peut décrire les processus de danger rencontrés dans le domaine d'activité.

4.2.5 Développement du contenu de la base de données

L'étape précédente fournit d'une part une liste des sous-systèmes susceptibles d'être rencontrés dans un atelier dédié au domaine d'activité étudié, et d'autre part la liste des ENS et les arbres génériques associés ainsi que les flux qu'ils génèrent et les impacts que ces flux produisent.

Le développement du contenu de la base de données consiste alors à développer les arbres des ENS concernés à partir de leur arbre générique, pour chaque sous-système. Le principe utilisé est celui de l'arbre des causes. Pour un événement donné (un élément quelconque de l'arbre),

on recherche les causes immédiates, nécessaires et suffisantes qui le produisent en utilisant des portes logiques ET et OU.

Les flux de danger étant a priori les mêmes pour un ENS quel que soit le sous-système dans lequel il se produit, la relation entre les ENS, les flux et les impacts peut être déterminée dès l'étape de structuration de l'information. En revanche, pour tenir compte des interactions entre les différents sous-systèmes, il faut également relier certains flux aux causes qu'ils engendrent (ou induisent) dans les arbres des ENS des autres sous-systèmes. Un flux de chaleur peut par exemple produire l'inflammation de matériaux inflammables et intervenir dans les causes d'un scénario d'incendie d'un matériel voisin.

Cette organisation de l'information nous a permis de décrire l'ensemble des scénarios que nous avons recueillis et de retrouver l'ensemble des dangers initialement identifiés.
Cependant, nous avons vu précédemment qu'il est difficile de prendre en compte les causes indirectes, notamment liées à l'organisation de l'entreprise, parce qu'il est souvent difficile d'attribuer ces causes à un événement particulier.

4.2.6 Validation du contenu de la base de données

Dans la base de données, l'information est constituée par l'agencement des données recueillies sur le terrain. Cet agencement a pu introduire des distorsions de l'information initiale et il s'avère donc nécessaire de vérifier que l'organisation des données (sous forme d'arbres des causes et de scénarios d'accidents générant des impacts sur des cibles potentielles) traduit bien une information juste et la plus complète possible, même si les données initiales ont été validées au préalable. Cependant la lecture de cet agencement des données n'est pas linéaire et la façon la plus simple de le vérifier est encore d'utiliser la base ainsi construite pour réaliser une analyse des risques.
L'utilisation de l'outil pour faire de l'analyse de risques va amener à :

- identifier de nouveaux scénarios non pris en compte,
- modifier des scénarios ou en compléter,
- compléter la typologie des activités et équipements.

L'étude doit alors prévoir d'expérimenter l'outil sur un nombre représentatif de sites afin d'identifier les difficultés rencontrées, les incomplétudes ou les erreurs introduites dans cet outil.

C’est ce que nous avons prévu de faire pour valider l’outil que nous avons développé pour l’industrie du traitement thermique. Le groupe industriel qui est le plus intervenu dans l’étude, souhaite, en effet, effectuer rapidement des analyses de risques sur ses différents sites en application au décret du 5/11/01. Ce décret impose aux industriels d’évaluer les risques de « chaque unité de travail », de présenter les résultats dans un document unique et de remettre à jour cette évaluation tous les ans. Une sanction financière est prévue en cas de non respect de ce décret.

L’outil d’analyse de risques proposé permettra de faire une préanalyse des risques dans les sites pilotes à partir d’informations précises à leur sujet. Un groupe de travail constitué d’acteurs locaux et de spécialistes de l’analyse de risques travaillera ensuite sur les scénarios retenus puis évaluera les scénarios définitifs.

Cette opération permettra à la fois de fournir des analyses de risques à l’industriel et d’utiliser l’outil d’analyse en grandeur réelle. En effet, il s’agira alors d’appliquer la méthode et l’outil proposés dans leur fonction d’analyse a priori des risques de manière systématique sur une installation complète.

D’autre part, il est également prévu (notamment pour les sites non pilotes) que l’outil serve de support de formation. Une formation des futurs utilisateurs (les directeurs de sites, dans notre cas) est en effet jugée nécessaire et porterait à la fois sur l’analyse de risques et sur l’utilisation de l’outil proprement dit. Cette nouvelle étape permettrait l’enrichissement de l’outil avant sa commercialisation.

4.2.7 Mise en place d’une organisation d’enrichissement de la base de données par retour d'expérience

Une fois validé auprès d’un nombre restreint de sites, l’outil peut être diffusé à l’ensemble des entreprises impliquées dans le projet par l’intermédiaire d’une formation dont il constitue le support, ou être commercialisé, selon les objectifs du projet.

La mise à jour des données contenues dans la base de données est ensuite nécessaire au maintien de la qualité de l’outil et en particulier au degré de confiance que l’on peut lui accorder.

L’organisation préconisée (différentes entreprises réunies autour, ou bien d’un organisme porteur du projet, ou bien d’une cellule indépendante des sites de production d’un groupe) est

particulièrement utile dans cette étape. Elle ne peut cependant fonctionner que si la demande des entreprises impliquées est suffisante.

La Figure 19 illustre le processus de mise à jour des données contenues dans l'outil envisagé dans le cadre du traitement thermique.

Chaque site peut modifier les scénarios contenus dans l'outil (enchaînement causal et conséquences) en fonction de son matériel et de ses conditions locales. Périodiquement (un fois par an, par exemple), l'ensemble des sites envoient leurs scénarios à l'organisme porteur du projet. Celui-ci analyse alors les modifications apportées en distinguant celles qui relèvent uniquement du contexte local et celles qui sont pertinentes pour l'ensemble des sites et qu'il intègre à l'outil.

Les scénarios modifiés sont renvoyés aux différents sites. Une réintégration automatique des scénarios modifiés dans la base locale serait informatiquement envisageable. Il est toutefois plus intéressant d'amener l'utilisateur à se reposer des questions sur la situation de l'entreprise concernée. A ce titre, le décret du 5 novembre 2001 prévoit la révision annuelle de l'évaluation des risques de l'entreprise.

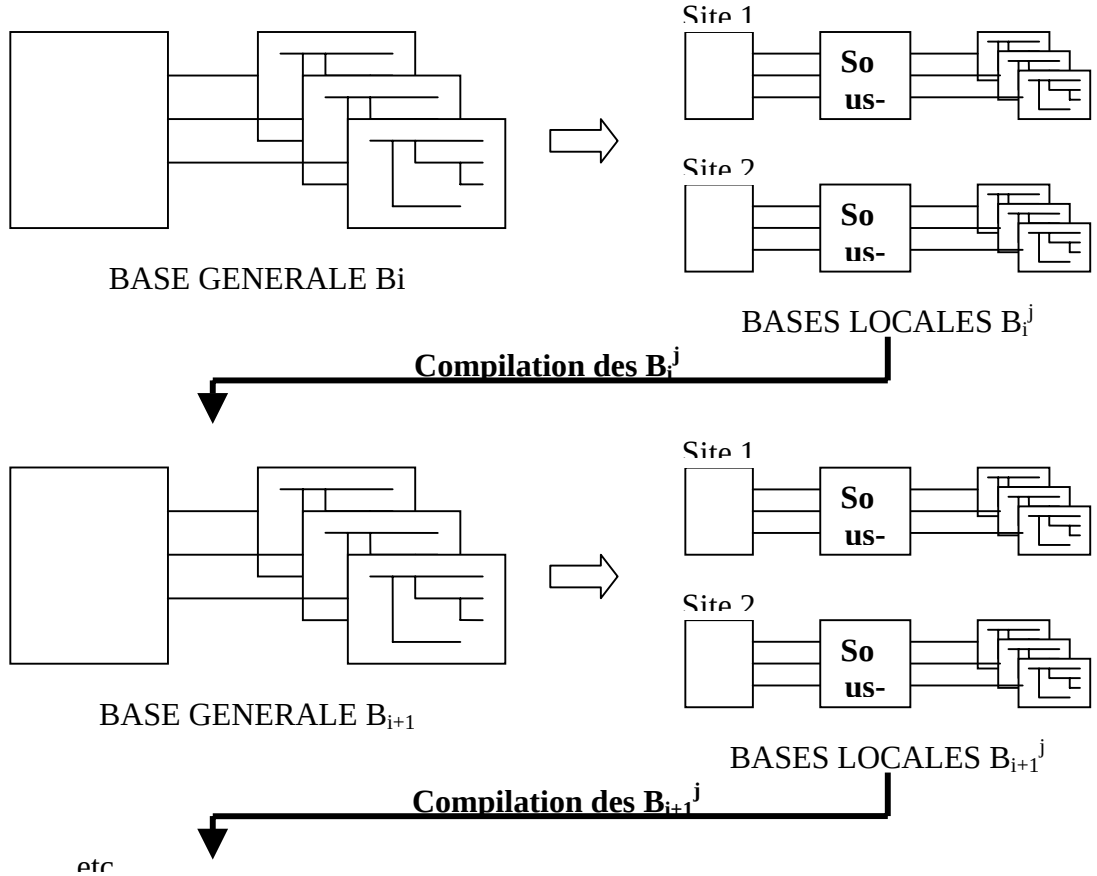


Figure 19 : Schématisation de la mise à jour de l'outil

Bien que cette structure soit acceptée par le principal industriel avec lequel nous avons travaillé et par le CETIM (en tant qu'organisme centralisateur), elle n'est pas sans poser de problèmes.
Il faudrait d'une part que les directeurs de sites (ou d'entreprises) trouvent suffisamment d'intérêt à échanger des informations et d'autre part qu'il existe une demande suffisante de mise à jour pour justifier l'utilisation de ressources pour centraliser ces informations au niveau du CETIM.

L'intérêt de l'outil proposé est d'apporter une aide à l'analyse de risques en fournissant à la fois une structure méthodologique et des données issues du retour d'expérience spécifique à un domaine d'activité. Aussi, la qualité des données influe-t-elle sur la qualité de l'outil obtenu. Nous nous devons de considérer cette qualité afin de préciser les limites de la démarche et du dispositif de retour d'expérience proposé.

Dans le cadre du retour d'expérience, A. Lannoy [LANNOY 96c] définit les caractéristiques des données attendues par le décideur comme étant qualifiées c'est à dire justes, exhaustives et pertinentes, mais aussi disponibles, compréhensibles et évaluées avec leurs incertitudes.

La disponibilité était notre première préoccupation. En effet, l'objectif du dispositif proposé est de rendre les données disponibles pour faciliter l'analyse de risques en associant directement à la démarche les données nécessaires.
La justesse, la pertinence et la compréhensibilité sont recherchées dans les étapes de collecte, de validation des données initiales et de validation de l'organisation des données. Elles sont également, avec l'exhaustivité, des objectifs de la mise à jour périodique de la base de données.
Toutes ces qualités restent cependant peu évaluables ce qui se traduit par la difficulté d'estimer le degré d'incertitude qu'il est possible d'attribuer aux données issues de l'outil. Une incertitude pèse sur l'exhaustivité des scénarios voire sur leur degré de pertinence. Comme pour toute analyse a posteriori, nous ne pouvons, en effet, être certains que toutes les causes ont été identifiées ni que la réalisation de ces causes est suffisante pour conduire à un accident.
Toutefois, comme les utilisateurs interviennent directement dans la création et la mise à jour de l'outil, ils sont les mieux placés pour estimer le degré de confiance à accorder, à condition

que l’organisation prévoit la mise en relation des divers protagonistes et une validation de la part des partenaires des entreprises (constructeurs, assureurs, inspecteurs du travail, CRAM, DRIRE).

L’objectif des différentes étapes de la démarche est de contribuer à apporter une rigueur suffisante pour atteindre une bonne qualité du dispositif.

Ces étapes semblent généralisables dans le cadre suivant :

- L'objectif d’analyse de risques supporte de se limiter à des facteurs essentiellement techniques ;
- On s'intéresse à un domaine d’activité dans lequel les matériels occupent une place prépondérante dans le procédé de production et où l’essentiel des dangers sont associés à l’utilisation de matériels ou de produits ;
- Il y a une volonté et la possibilité de capitaliser les informations utiles à l’analyse de risques et de détacher du personnel ou d’avoir recours à des intervenants extérieurs pour mener l’étude.

Cette démarche ayant été principalement élaborée dans le contexte de petits établissements industriels dépendant d’un groupe industriel, nous allons maintenant considérer dans quelle mesure le dispositif, qui en est issu, est applicable en PME.

4.3 Applicabilité de la démarche et du dispositif proposé en PME

Notre expérimentation devait initialement porter sur l'ensemble de la profession du traitement thermique à façon, qui comprend une entreprise de 1200 personnes, une entreprise moyenne de 250 personnes et des petites entreprises.
Seules la grande entreprise et une petite entreprise ont participé au groupe de travail pendant la durée de l'étude : la grande entreprise a participé en force et la petite entreprise de façon épisodique. De cette façon, la grande entreprise a été notre principal interlocuteur industriel réduisant ainsi notre terrain d'expérimentation essentiellement aux petits établissements industriels autres que des PME. Cependant, l'implication respective des différentes entreprises est éloquente quant à la participation que l'on peut attendre de ces entreprises dans un projet de ce type.

Récemment constituée à partir de PME, l'entreprise, dans laquelle nous sommes intervenus, présente une configuration particulière, à mi-chemin entre les PME et les grandes entreprises localement très structurées.
Nous dressons une sorte de portrait de ces deux extrêmes pour situer le cadre de notre intervention et en tirer des enseignements sur l'applicabilité de la démarche et par suite du dispositif proposé aux PME.

4.3.1.1 Portrait type d'une PME

Sur le plan de la structure, nous considérons qu'une PME (ou plus exactement une petite entreprise, d'après la classification de H. Mahé de Boislandelle [MAHE 98]) se caractérise par un dirigeant autonome et au centre de toutes les décisions concernant l'entreprise. Il a à gérer de nombreuses problématiques telles que la finance, la gestion, le marketing, la production, etc., et la maîtrise des risques. La direction de l'entreprise repose ainsi sur un individu qui doit gérer les priorités parmi ses activités par faute de temps. Il doit maîtriser des risques décrits comme peu compliqués mais très variés.
L'entreprise est faiblement hiérarchisée et on peut considérer que le dirigeant exerce quasiment un contrôle direct sur son personnel. Compte tenu de la taille réduite de l'effectif et de l'entreprise, tout le monde se connaît d'autant que le personnel est peu spécialisé. En

particulier, la sécurité est généralement prise en charge pour une part d'un point de vue administratif par le personnel administratif et d'un point de vue pratique par le personnel de maintenance et travaux neufs.

La proximité physique, hiérarchique et fonctionnelle conduit à une faible formalisation des règles et de la communication. Associée au manque de temps, elle s'accompagne d'un fonctionnement cognitif généralement intuitif et pragmatique. Chaque acteur dispose ainsi à tout niveau d'une certaine autonomie dans son travail sous condition de résultat. Sauf cas particulier tel que la demande d'un donneur d'ordre, un accident ou une pression réglementaire, la maîtrise des risques constitue rarement une priorité pour le dirigeant, ce qui se traduit dans sa politique par une absence de moyens et d'objectifs en la matière. L'équilibre entre sécurité et productivité repose donc en grande partie sur les pratiques que développent les opérateurs puisque la sûreté du fonctionnement de l'entreprise n'est pas conçue comme impliquant tous les acteurs de celle-ci.

Globalement, la PME peut se symboliser par un cercle centré sur un individu-clé, le dirigeant.

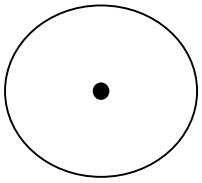


Figure 20 : Symbole de la structure de la PME

Sur le plan de la production, l'objectif est de s'adapter à la demande, utiliser les niches du marché, faire du service ou de la sous-traitance. La production s'oriente donc généralement vers la petite série ou les pièces unitaires. L'activité est fluctuante et il est difficile de consentir à de très lourds investissements d'autant que la PME dispose de faibles capitaux. Les moyens de production peuvent donc être vétustes, achetés d'occasion et adaptés aux besoins. La PME est donc de peu de poids sur le constructeur pour lui faire intégrer des aménagements.

4.3.1.2 Portrait type d'une grande entreprise

En ce qui concerne la structure de la grande entreprise, les fonctions de l'entreprise sont approximativement les mêmes alors que l'effectif peut augmenter de façon drastique par rapport aux PME. Ces fonctions ne sont plus attribuées à des individus ayant souvent « plusieurs casquettes » mais à des services composés de différents niveaux hiérarchiques.

D’après H. Mahé de Boislandelle [MAHE 98], la hiérarchisation et la délégation font partie des modalités mises en place pour influencer de façon cohérente un nombre croissant d’individus par le biais de différents médias, lorsque le contrôle direct devient impossible. Cette hiérarchisation semble caractériser la structure de la grande entreprise par rapport à celle des PME.

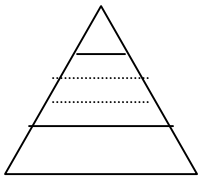


Figure 21 : Symbole de la structure de la grande entreprise

Le contrôle dans ce type de structure induit une certaine formalisation des règles et de la communication ainsi que la standardisation dans un contexte basé sur les économies d’échelles et la production en grande série. La formalisation et la standardisation se traduisent alors au niveau du personnel (formation, communication, mobilité, culture) comme du matériel (moyen de communication, de production, etc.). Elles impriment également une certaine rigueur : l’obligation de résultat existe comme dans toute entreprise mais s’accompagne souvent d’une justification des moyens ou de la façon de procéder. Le fonctionnement cognitif analytique semble ainsi dominer s’accompagnant de la nécessité à tout niveau de rendre des comptes et de laisser des traces. Souvent associés à de forts enjeux, les risques sont perçus comme complexes mais sont traités par des spécialistes des différents domaines.

4.3.1.3 Cas l’entreprise participante à l’étude

La création de l’entreprise, du moins sa branche française, date de 1997 et s’est traduite par le regroupement des 36 sites de 8 entreprises de traitement thermique à façon et leur contrôle par un groupe financier britannique. Les différents sites emploient entre 10 et 60 personnes.

La structure de l’entreprise (branche française) peut se résumer à deux niveaux très distincts (Figure 22) :

- le niveau de la direction du groupe, en lien avec les actionnaires étrangers, auquel s’associent certains services communs à tous les sites, tels que celui de la sécurité ;

- les différents sites dont nous considérons que la structure initiale (au moment de la création du groupe) correspond à la description du portrait type de la PME.

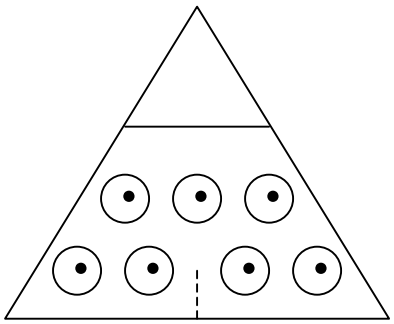


Figure 22 : Structure de l'entreprise étudiée

Au niveau de la Direction, la perception de la sécurité s'apparente à celle des grandes entreprises et se traduit par un service spécialisé rattaché à la Direction, une attitude proactive et analytique et des objectifs marqués dans ce domaine.

Au niveau des sites, le dirigeant conserve quasiment la même autonomie qu'auparavant vis-à-vis de son personnel mais au lieu d'être directement confronté à la loi du marché, il doit répondre aux objectifs définis par le groupe.
L'entreprise fixant des objectifs en matière de sécurité, les dirigeants montrent une certaine volonté de prendre en compte la sécurité et s'arrangent pour lui affecter des ressources humaines. D'autre part, ses dirigeants peuvent s'appuyer sur le service sécurité qui leur apporte notamment un support technique et sur des moyens de production progressivement plus standardisés et globalement plus sûrs. On assiste notamment à l'abandon de technologie sur des critères de sécurité, alors que les plus petites entreprises conservent les technologies présentes ou les moins coûteuses.
La création de l'entreprise s'est accompagnée d'une augmentation du poids de la sécurité dans le choix des technologie par rapport aux aspects purement productifs et financiers. Elle peut se permettre des coûts d'investissement supérieurs en considérant la réduction des pertes que ce choix lui amène. En l'occurrence, les bains de sels seront amenés à disparaître progressivement dans les sites du groupe alors qu'ils continueront d'exister dans les PME. De même qu'elles « hériteront » probablement des anciens fours, de conception moins sûre, lorsque l'entreprise investira dans du matériel neuf.

Au début de notre étude (fin 1999), la structure du service sécurité n'était pas encore bien établie. En mai 2002, il existe un responsable de la sécurité au niveau national auquel sont accordés des moyens financiers ; il s'appuie sur des collaborateurs régionaux et des relais au niveau des sites. Ce responsable sécurité considère à cette date que l'entreprise n'est pas encore organisée de façon satisfaisante : « Chacun fait ce qu'il veut dans son coin, alors que l'on gagnerait du temps si tout le monde faisait la même chose. ». Toutefois, un audit sécurité est réalisé chaque année et son résultat intervient dans la notation globale du site et a notamment des répercussions financières.

Ainsi, la création de l'entreprise s'est traduite, sur le plan de la sécurité, par l'émergence d'une véritable problématique de sécurité concrétisée par des objectifs et des moyens. Il faut ensuite un certain temps, pour que changent les modes de pensée et les pratiques des dirigeants des sites et par l'intermédiaire de leur politique en la matière, ceux de l'ensemble du personnel. Des outils adaptés à des structures de type PME tels que nous avons cherché à en réaliser doivent, selon nous, permettre d'opérer de tels changements.

4.3.1.4 Une applicabilité indirecte aux PME

L'expérimentation nous a permis d'observer que les besoins des PME et du groupe dans lequel nous sommes intervenus sont similaires. Les conditions matérielles au moment de l'étude avaient encore peu évoluées. Pour le personnel l'intégration du site dans le groupe se traduisait principalement par un changement de nom ; des modifications plus profondes notamment liées à la rémunérations tentent aujourd'hui de voir le jour, avec beaucoup de difficultés. Globalement, chaque site visité semblait conserver une vision locale et axée sur le court-terme.

En revanche, la prise en compte de la sécurité est radicalement différente. Les dirigeants de PME ne sont peut être pas nécessairement sensibilisés aux risques qu'ils courent en matière de risques industriels ; plus vraisemblablement, ils n'en prennent pas la mesure réelle tel l'automobiliste dont la connaissance du nombre de morts sur la route ne modifie pas le comportement quotidien. En contexte PME, la prise de décision est en effet essentiellement individuelle, soumise à des sollicitations nombreuses et variées et dont le principal levier demeure le facteur économique.

Dès que l'on entre dans le cadre d'un groupe plus important d'établissements, toutes les décisions de l'entreprise ne sont plus prises par le seul dirigeant. Sa maîtrise de l'entreprise est plus diffuse et il doit adopter des méthodes différentes pour la conserver. Il peut également

prendre davantage de recul et se consacrer à des activités de niveaux stratégiques ou tactiques. Dans le cadre de l'entreprise étudiée, le dirigeant a mis en avant sa responsabilité pénale et donner les moyens à ses collaborateurs pour renforcer la maîtrise des risques.

Ainsi, pour notre expérimentation, l'existence du service sécurité a été un élément déterminant au sein du groupe de travail. Il nous a notamment donné accès à un grand nombre de sites industriels et a apporté du poids dans les décisions de la Commission « Traitements thermiques et thermomécaniques » du CETIM en faveur de l'étude. D'autre part, il nous a fourni des experts opérationnels dans le domaine de la maîtrise des risques en traitement thermique et nous a ainsi permis un gain de temps important. Nous aurions en effet dû effectuer davantage de recherche et d'entretiens pour constituer des scénarios et des arbres des causes aussi complets que ceux que nous avons obtenus, si nous n'avions bénéficié que des informations que nous avons recueillies en dehors de ce service de sécurité. Nous aurions dû constituer nous-mêmes un fond de connaissances relatif à la sécurité en traitement thermique que possédaient nos interlocuteurs de façon non formalisée.

Dans un contexte de PME, il est peu probable de rassembler des experts en sécurité spécifiques au domaine étudié. Ce fait n'empêche pas l'étape de collecte d'information mais en alourdit certainement l'ampleur et la durée. Le fait qu'il n'existe pas de ressources humaines fortement impliquées dans la maîtrise des risques et susceptibles d'être moteur d'un tel projet, est en revanche plus problématique. Il est à ce titre peu probable qu'une PME s'investisse seule dans une démarche de ce type, même si elle en ressentait le besoin.

Cependant, la mise en commun du retour d'expérience est un élément essentiel du dispositif. Cette mise en commun peut être initiée par un organisme commun à plusieurs entreprises comme un centre technique, un syndicat, une chambre de commerce et d'industrie ou des acteurs de la maîtrise des risques (médecins du travail, CRAM, DRIRE, etc.).
Cette mise en commun peut aussi être le fait d'une grande entreprise qui entraîne avec elle de plus petites entreprises de son domaine d'activité (comme ce fut le cas pour le traitement thermique). Enfin, on peut imaginer le regroupement de plusieurs PME sous l'impulsion notamment d'un donneur d'ordre.

En conclusion, la démarche nous semble applicable aux PME si celles-ci participent à une dynamique plus large. Quant au dispositif de retour d'expérience, il constitue en dehors de

l’aspect relatif à la mise à jour des données, un outil d’analyse de risques facilement utilisable dès lors que l’entreprise éprouve le besoin d’analyser effectivement ses risques.

4.4 Utilité du retour d'expérience dans les petits établissements industriels

Nous avons vu que la démarche et l'outil que nous proposons sont applicables dans les petits établissements industriels, si ceux-ci se placent dans une configuration de mise en commun du retour d'expérience. Dans ce cadre, le dispositif proposé constitue une aide effective à l'analyse de risques. D'autre part, une nouvelle utilité de ce dispositif a émergé au cours de l'expérimentation : la création d'une base de référence commune à la profession. Toutefois, le retour d'expérience n'apparaît pas directement comme un besoin des petits établissements industriels, ce qui constitue une limite non négligeable à son application.

4.4.1 Aide à l'analyse de risques

Notre expérimentation nous a montré que le retour d'expérience initial était utile puisqu'il permet déjà de répondre à un besoin des petits établissements industriels en matière de d'analyse de risques.

L'outil d'analyse de risques est, en effet, construit à partir du retour d'expérience initial ; il permet aux petits établissements de réaliser une analyse de risques sans disposer de personnel spécialisé en maîtrise des risques industriels.

En plus de la démarche d'analyse de risques proprement dite, l'outil apporte une aide à l'analyse de risques en fournissant des données qui ne sont pas forcément facilement accessibles au sein d'un petit établissement ainsi que des modèles de scénarios de danger. Il est alors plus facile (et plus rapide) de savoir si un scénario proposé correspond à ce qui se passe réellement dans l'entreprise que de créer ce scénario de toutes pièces, sans disposer forcément des connaissances physico-chimiques adéquates.

A la suite du retour d'expérience initial proposé, un retour d'expérience régulier semblerait également utile. Il permettrait notamment :

- de maintenir à jour les éléments utiles à l'analyse de risques dans l'outil proposé ;
- de faciliter la mise à jour de l'évaluation des risques de l'entreprise par des apports d'information réguliers ou par la confrontation de l'outil actualisé avec l'évaluation existante ;

- de diffuser les innovations relatives au traitement des risques (on peut en effet penser que dans le domaine de la sécurité la concurrence entre les entreprises ne se fasse pas tellement sentir, les informations ne portant pas sur les secrets de fabrication mais sur des valeurs communes).

Parmi les critères de décision des industriels en matière de risque il y a certes l'identification des dangers et des scénarios d'accident associés, ce que permet l'outil que nous avons réalisé. Mais il y a aussi l'évaluation de la gravité et de la probabilité des scénarios et du coût des mesures de prévention et de protection qui permettent d'éviter leur occurrence ou leurs conséquences. Ces données quantitatives sont essentielles au décideur, mais, pour le moment absentes du dispositif que nous proposons.
Pour rendre disponibles ces informations, un retour d'expérience régulier portant sur ces différents éléments devrait être mis en place en complément du dispositif proposé. Ce retour d'expérience permettrait d'associer, aux scénarios présents dans la base de données, un nombre d'occurrences au cours des dernières années, le montant des dégâts occasionnés par les accidents correspondant ainsi que le coût des mesures de prévention et de protection. La pertinence et la validité de ces informations ne serait naturellement acquise qu'au bout de plusieurs années d'utilisation.

4.4.2 Emergence d'une nouvelle utilité potentielle du dispositif

Bien que l'entreprise que nous avons précédemment décrite, ait été la plus impliquée dans l'étude, elle a toujours affiché une volonté de maintenir l'étude au niveau de la profession du traitement thermique. Cette entreprise était non seulement consciente de son rôle de meneur au sein de la profession des traiteurs à façon mais nos interlocuteurs ont également mis en avant, au cours de l'étude, l'intérêt de constituer une base de référence commune à la profession du traitement thermique.

4.4.2.1 Un besoin émis par les Industriels

La création d'une base de référence par la mise en commun des connaissances de l'ensemble des entreprises d'une profession permettrait, en effet, d'établir un langage commun propre à donner du poids à ces entreprises face à des partenaires tels que les constructeurs (qui peuvent prendre en compte le retour d'expérience directement au travers de l'outil), les assureurs et

inspecteurs (du travail, des DRIRE, des CRAM) qui ne sont pas toujours spécialistes du domaine d'activité de l'entreprise.
Nos interlocuteurs considèrent, en effet, que ces partenaires n'ont pas toujours une vision réaliste mais que, isolément, les entreprises n'ont pas un poids suffisant pour faire entendre leur point de vue. Par exemple, l'activité de traitement thermique est classée au titre des ICPE[43]. L'arrêté type correspondant a été établi à partir des installations les plus dangereuses et prévoit notamment une couverture de toiture incombustible. Or, il arrive que les industriels soient verbalisés pour non respect de cette clause dans des ateliers utilisant des équipements ayant une très faible probabilité d'exploser, comme les fours sous vide.
Ces industriels évoquent également une difficulté à faire prendre en compte leur retour d'expérience d'exploitation aux constructeurs. L'outil proposé confèrerait une certaine légitimité à ce retour d'expérience réalisé au niveau de la profession et pourrait amener les constructeurs à le prendre directement en compte.
D'autre part, des assureurs ont déjà manifesté un intérêt pour l'outil d'analyse de risques. Ils ont, en effet, besoin d'un référentiel concret pour établir leur cotation alors qu'ils ne peuvent pas être spécialistes de tous les domaines.

Le dispositif permet donc de répondre à un objectif de formation ou d'information, si ses utilisateurs sont relativement coutumiers de l'analyse de risques et arrivent à reconstituer l'information qui leur est utile.
Il constitue a minima une base de discussion aux différents interlocuteurs en formalisant une sorte d'état de l'art de la sécurité dans un domaine particulier.

4.4.2.2 Un moyen d'associer les PME du domaine d'activité

Notre modèle initial d'organisation du retour d'expérience, en termes de positionnement des entreprises, correspondait au regroupement de petits établissements industriels (PME ou non) fédérés autour d'un organisme indépendant.

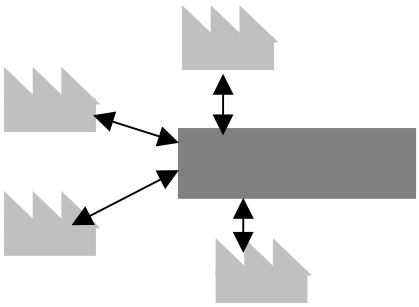


Figure 23 : Modèle d'organisation du retour d'expérience a priori

Les données devaient être collectées dans ces établissements, traitées par l'organisme également chargé de redistribuer la connaissance utile.

En pratique, nous avons cependant été confrontés à la difficulté de travailler avec les petits établissements industriels particuliers que sont les PME.
Au cours de l'expérimentation, nous nous sommes retrouvés dans une configuration dans laquelle les données étaient principalement issues de petits établissements industriels relativement autonomes et peu structurés mais appartenant tous à la même entreprise, dont la direction générale a été un élément moteur dans l'expérimentation.
Toutefois, compte tenu du fait que l'étude était réalisée au profit de l'ensemble de la profession du traitement thermique, nous considérons que le modèle qui décrirait le mieux, a posteriori, la configuration de notre expérimentation est celui de la Figure 24.

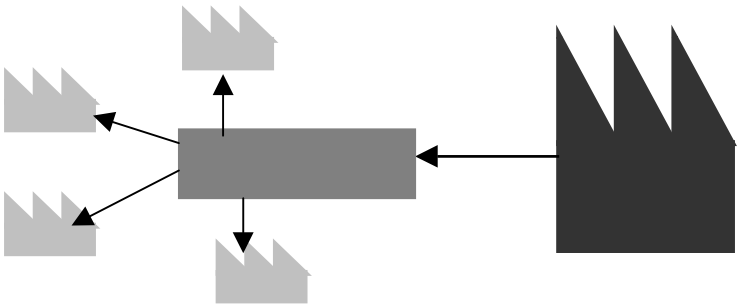


Figure 24 : Modèle d'organisation réel du retour d'expérience

Les données sont collectées dans la grande entreprise (composée de petits établissements), traitées par l'organisme indépendant (trait d'union entre les différentes entreprises), mais ces

[43] Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

données permettent de constituer une référence commune utile aussi bien à la grande entreprise qu'aux autres petits établissements industriels (et PME) du domaine d'activité.

La collecte constitue le cœur du retour d'expérience et en particulier de l'élaboration de notre outil. Cependant, cette étape requiert un temps important ainsi qu'une certaine expertise de la part des personnes interrogées.

L'intérêt du nouveau modèle est ainsi de contourner la difficulté que peut constituer la collecte pour les PME et de fournir une référence commune aux établissements du même domaine d'activité.
Dans notre cas, les données ont en effet été recueillies au de petits établissements industriels qui possédaient de caractéristiques suffisamment proches de celles de PME pour que les informations soient également applicables à ces dernières. Toutefois, ces établissements disposaient également d'une structure générale capable de prendre en charge la collecte.

Aussi, l'utilité du retour d'expérience à travers l'outil proposé apparaît clairement pour les grandes entreprises constituées d'anciennes PME (comme c'était le cas dans notre expérimentation) ou encore celles rachetant des PME.
L'utilisation de l'outil est, en effet, adaptée à leurs conditions locales, et d'autre part, il existe dans ces entreprises une structure motivant et facilitant la création de l'outil.

D'autre part, l'utilité du retour d'expérience existe aussi pour les PME du domaine d'activité dans la mesure où elles peuvent également avoir accès à un outil d'analyse de risques adapté à leur fonctionnement et à leur activité, sans qu'il ne leur soit nécessaire de construire leur propre outil.

4.4.2.3 La possibilité d'un mode de gestion des risques différent

Nous avons vu, dans le premier chapitre, que les chefs de petit établissement industriel prenaient leur décision à partir d'éléments concrets ce qui explique, pour une part, le fait qu'ils prennent davantage en compte les accidents que les risques.

Nous pensons que l'existence d'une base de référence, sorte d'état de l'art en matière de maîtrise des risques d'un domaine d'activité spécifique, pourrait donner lieu à un mode de gestion basé sur la comparaison entre les pratiques d'une entreprise et ce référentiel.
Nous avons vu dans le deuxième chapitre que, R. Amalberti et C. Barriquault [AMALBERTI 99] proposaient de « prendre la température » de l'état de sécurité du système par le suivi des incidents mineurs afin de détecter des dérives globales.
De la même façon, nous pourrions imaginer que les chefs de petit établissement , qui sont généralement très proches du terrain, prennent la mesure du risque par l'écart entre ce qu'ils observent concrètement dans leur entreprise et ce que leur indique l'état de l'art.

Malheureusement, nous sommes conscients que ce « mode de gestion des risques » doit être accompagné d'un retour d'expérience qui alerte les dirigeants sur les pertes occasionnées dans des entreprises similaires et donc potentielles en cas de dérives importantes. Cette gestion ne peut pas non plus être spontanée mais suppose que le dirigeant se soit approprié l'outil d'analyse de risques et qu'il possède une volonté réelle de maîtriser ses risques industriels.

Cette voie constitue, toutefois, une réflexion quant à ce qui pourrait être fait pour se rapprocher du fonctionnement des petits établissements industriels, dans le cadre d'un ensemble fédéré de petits établissements demandeurs d'outils de maîtrise des risques.
Une expérimentation supplémentaire s'appuyant sur l'utilisation de l'outil d'analyse de risques pourrait étudier la faisabilité de ce processus. Elle permettrait également de vérifier l'hypothèse faite au deuxième chapitre, selon laquelle le fait de fournir au dirigeant des éléments concrets pour analyser ses risques favoriserait une approche a priori de la gestion des risques.

4.4.3 Identification d'une limite de l'utilité du retour d'expérience dans les petits établissements industriels

4.4.3.1 Le retour d'expérience initial ou ponctuel

L'utilité du retour d'expérience initial, qu'elle concerne l'analyse de risques ou la constitution d'une référence, est apparue qu'une fois que le retour d'expérience ait été effectué sans qu'un besoin préalable de retour d'expérience n'ait réellement été manifesté.

La décision d'utiliser le retour d'expérience n'est, en effet, apparue dans l'étude que par notre intermédiaire, parce que nous avons utilisé le retour d'expérience en tant que moyen d'atteindre l'objectif de l'étude. De la même façon, nous avions avant cette étude éprouvé des difficultés à faire accepter une précédente proposition de retour d'expérience.
En effet, avant de réaliser avec le CETIM l'étude relative à l'analyse de risques en traitement thermique, nous avons proposé à d'autres membres de ce même organisme, de réaliser avec leur concours une étude relative à la mise en commun du retour d'expérience de PME en matière de maîtrise des risques. Ils nous avaient alors fait remarquer la difficulté inhérente à la faible mobilisation de ces entreprises en la matière et la définition insuffisante de notre proposition. Isolé de tout contexte, le retour d'expérience proposé apparaissait en fait totalement désincarné et donc incapable d'offrir un soutien à des entreprises peu engagées.
Dans le cadre du traitement thermique, alors que la suite de l'étude a montré que le retour d'expérience permettait de répondre au besoin de l'industriel et a, de surcroît, fait apparaître une nouvelle utilité potentielle, le retour d'expérience n'était pas envisagé par celui-ci. Il est intervenu comme une démarche parmi d'autres pour atteindre l'objectif de l'étude et demeure transparent dans l'outil d'analyse de risques, une fois celui-ci constitué.

4.4.3.2 Le retour d'expérience itératif ou régulier

Le dispositif de retour d'expérience régulier, quant à lui, n'a pas encore été mis en place mais il semble que le problème se pose de la même façon que pour le retour d'expérience initial.
Nous avons précédemment souligné l'utilité potentielle de ce retour d'expérience concernant la mise à jour de l'outil d'analyse de risques et l'évaluation des risques que cet outil dénonce.
Mais cette utilité n'est manifestement pas perçue comme un besoin par les petits établissements industriels d'autant plus que la mise en place d'une organisation de retour d'expérience est coûteuse sur le plan financier mais aussi humain et organisationnel (cf. chapitre 2).

En revanche, les petits établissements industriels sont demandeurs de veille. D'après P-A. Julien [JULIEN 96], « Les réseaux sont un des principaux moyens des PME pour obtenir de l'information parce qu'ils ajoutent la confiance nécessaire pour évaluer la qualité de l'information. Ces réseaux sont des associations ou des groupements implicites ou explicites et sous toutes sortes de formes d'agents, d'entreprises manufacturières et de services, d'institutions, évoluant dans des domaines souvent complémentaires et ayant pour objet de

rapprocher diverses ressources, en particulier en formation, de développer des relations de confiance entre les membres de ces groupes et de réduire les coûts d'obtention de cette information » .
Par exemple dans le domaine de la maîtrise des risques, les clubs « Archenge » [CRAM 97] permettent d'échanger en matière d'ergonomie et de construction.

Ainsi, la préoccupation de « voir ce qui se passe chez les autres » existe bien, elle n'est cependant pas formalisée en terme d'objectif de retour d'expérience.

Par conséquent, un retour d'expérience régulier serait envisageable à condition qu'il corresponde à la préoccupation naturelle de veille des petits établissements industriels.
Il faudra donc certainement travailler sur la forme de l'information fournie dans l'objectif de susciter un intérêt de leur part et ainsi d'initier un potentiel échange d'information. Une information relativement fréquente mais lisible sera sans doute préférable à une information très formalisée directement utile à l'analyse de risques.

Un retour d'expérience régulier plus percutant pourrait par exemple consister en l'envoi régulier de fiches relatant dans un langage plus quotidien les accidents et les conséquences apparues ou présentant de nouvelles solutions intervenant dans le traitement ou la gestion des risques. Ce retour d'expérience pourra alors constituer, comme nous l'avons souligné, un moteur de décision en matière de maîtrise des risques en alertant le dirigeant sur les accidents des entreprises de même activité que sa sienne.

Cette forme plus accessible de l'information n'empêchera pas à l'organisme centralisateur, qui fournit l'outil d'analyse de risques, de capitaliser les accidents et de compléter la base de données de l'outil. Cette capitalisation devra peut être se faire de façon plus informelle que celle envisagée jusqu'à maintenant dans l'étude du traitement thermique. Elle pourra notamment s'appuyer sur la formation d'un réseau, de pratique courante en PME, par l'intermédiaire de clubs, de groupes de travail ou encore de formation.
On pourra alors répondre au besoin de retour d'expérience pour la mise à jour de l'outil d'analyse de risques mais ce n'est pas ce qu'il faudra mettre en avant pour intéresser les petits établissements industriels.

Manifestement, le retour d'expérience peut donc être utile à la maîtrise des risques dans les petits établissements industriels. L'expérimentation réalisée ne permet pas d'identifier de façon exhaustive l'ensemble des apports du retour d'expérience à la maîtrise des risques. En revanche, elle fournit un exemple concret de participation du retour d'expérience à un outil d'analyse de risques applicable dans les petits établissements. Cette expérimentation nous a également permis de mettre en évidence deux enseignements :

- la mise en commun du retour d'expérience semble être une forme d'organisation particulièrement pertinente pour ce type d'établissement,
- l'utilité du retour d'expérience n'étant pas perçue en tant que telle par les chefs de petit établissement , celui-ci doit être utilisé de façon indirecte.

CONCLUSION

Nous avons décrit dans le troisième chapitre l'expérimentation sur laquelle nous nous sommes basés dans le présent chapitre pour alimenter notre problématique : l'apport du retour d'expérience à la maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement dans les petits établissements industriels.

Cette expérimentation a consisté à construire un outil d'analyse de risques à partir du retour d'expérience issu d'un ensemble d'établissements et selon les caractéristiques théoriques établies dans le deuxième chapitre. Au lieu de se tenir dans un groupement des petits établissements industriels indépendants, cette expérimentation a principalement eu lieu dans le cadre d'une seule entreprise constituée de nombreux établissements de petites tailles.

Dans ce dernier chapitre, nous avons considéré les aspects théorique et pratique des enseignements que nous apporte cette expérimentation, avant de nous pencher véritablement sur la problématique des petits établissements industriels et du retour d'expérience.
Concernant l'aspect théorique, nous sommes revenus sur les caractéristiques de dispositif de retour d'expérience au vu de la réalisation concrète que nous avons menée. L'aspect pratique des enseignements de l'expérimentation consiste en la formalisation de la démarche utilisée et la recherche du contexte dans lequel elle serait reconductible. Enfin, l'expérimentation nous semble contribuer à la problématique définie, parce que le retour d'expérience qu'elle a produit est applicable dans les petits établissements industriels, dont les PME, et utile à plusieurs titres.

Les caractéristiques à souligner, qui nous semblent nécessaires pour définir un dispositif de retour d'expérience, à partir d'un objectif donné et dans un contexte donné, sont :

- les processus de collecte et d'analyse, ainsi le modèle d'organisation des données sur lequel ils s'appuient,
- le type d'expérience pris en compte et les types de facteurs causaux considérés (pour les événements),
- l'organisation du retour d'expérience selon deux points de vue :
    - le positionnement des entités intervenant dans le processus de retour d'expérience,

- l’organisation et le type d’acteurs impliqués dans ce processus.

Dans un objectif d’analyse de risques en contexte de petits établissements industriels, les caractéristiques du dispositif, initialement proposées, ont été globalement validées. Elles peuvent se résumer de la façon suivante :

- un processus de collecte statique portant sur les accidents et les bonnes pratiques,
- un processus d’analyse clinique dont les résultats soient directement utilisables,
- une organisation permettant la mise en commun du retour d'expérience.

La démarche utilisée lors de l’expérimentation peut se formaliser en une succession d’opérations.

Une étape préliminaire consiste à délimiter le champ de l’étude en terme d’objectifs (notamment l’objectif de l’analyse de risques que devra permettre l’outil) et en précisant les limites du domaine étudié.

Le recueil de données (bibliographiques et de terrain) est une étape déterminante pour la poursuite de l’étude et pour la qualité de l’outil d’analyse de risques obtenu. Ces données concernent essentiellement le matériel et les activités qui apparaissent dans le domaine étudié et la nature et les processus de danger qui leur sont associés.

L’étape suivante consiste à créer la structure informatique ; cette étape peut être évitée en utilisant l’outil créé pour le traitement thermique, dans lequel il suffit de rentrer de nouvelles données.

Les données recueillies doivent ensuite être structurées selon les concepts utilisés dans l’outil informatique afin d’y être introduites. On peut distinguer la structuration des données relatives aux matériels sous la forme de sous-systèmes et celles relatives aux dangers. Dans ce dernier cas, il s’agit d’établir la liste des événements non souhaités (ENS), des flux de danger et des impacts spécifiques au domaine d’activité. On recherchera également pour chaque ENS un arbre des causes générique qui se vérifie quel que soit le sous-système considéré.

L’étape suivante consiste à faire rentrer l’ensemble des données recueillies dans la structure précédemment définie. On recherche ainsi pour chaque sous-système les ENS qui le concernent et on développe des scénarios à partir des causes des ENS et de leurs conséquences.

Le contenu de la base de données doit être validé et faire l’objet d’une mise à jour.

La mise en place d’une organisation destinée à mettre à jour les données de la base constitue donc la dernière étape de la démarche.

Ces étapes semblent généralisables dans la mesure où l'objectif d'analyse de risques supporte de se limiter à des facteurs essentiellement techniques, que les matériels occupent une place prépondérante dans les procédés de production du domaine d'activité et qu'il existe une réelle motivation au fait de capitaliser les connaissances relatives aux risques HSE.

En ce qui concerne la problématique du retour d'expérience dans les petits établissements industriels, un premier résultat de l'expérimentation est la difficulté de travailler avec des PME dans le domaine des risques, indépendamment de considérations financières. En particulier, nous avons dû réaliser notre expérimentation principalement au sein d'une grande entreprise qui se caractérisait par une volonté de la direction de prise en compte des risques. Cette volonté se traduit par l'affectation de moyens humains et financiers à la maîtrise des risques. Cependant, au niveau des établissements constituant l'entreprise, des comportements et des préoccupations semblables à ceux de PME étaient encore largement prépondérants.

La démarche que nous avons mise en œuvre nous semble donc applicable aux PME si celles-ci participent à une dynamique plus large, initiée par une entreprise plus avancée en matière de maîtrise des risques, un organisme ou la pression d'un donneur d'ordre. Quant au dispositif de retour d'expérience, il constitue, en dehors de l'aspect relatif à la mise à jour des données, un outil d'analyse de risques facilement utilisable dès lors que l'entreprise éprouve le besoin d'analyser effectivement ses risques.

L'applicabilité de l'outil d'analyse de risques ainsi que l'émergence d'une nouvelle utilité potentielle de cet outil, témoignent selon nous de l'utilité du retour d'expérience pour l'ensemble des petits établissements industriels de notre terrain d'étude.

Un retour d'expérience initial pourrait ainsi permettre aux petits établissements industriels de réaliser des analyses de risques sans forcément disposer de spécialistes en matière de risques HSE, mais aussi de constituer une référence globale de maîtrise des risques dans un secteur d'activité spécifique.

Un retour d'expérience régulier serait également profitable permettant notamment de maintenir à jour les éléments utiles à l'analyse de risques dans l'outil proposé et de fournir des éléments concrets pour l'évaluation de la gravité et de la fréquence des scénarios de danger.

Toutefois, l’expérimentation nous indique également que les petits établissements industriels ne formalisent pas leurs besoins en terme d’objectifs de retour d'expérience. Cependant ils semblent prêts à accepter des outils qui répondent directement à des besoins qu’ils ont identifiés y compris si ces outils sont construits à partir du retour d'expérience sans pour autant rechercher de manière consciente à mettre en œuvre un retour d'expérience.

CONCLUSION GENERALE

La problématique de cette thèse concerne l'apport du retour d'expérience à la maîtrise des risques relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement dans les petits établissements industriels dont les caractéristiques locales s'apparentes à celles des PME, sans distinction de statut juridique.

Alors que le retour d'expérience est maintenant un outil d'analyse classique les grands groupes industriels, nous avons essayé de montrer qu'il pouvait être adapté au contexte des petits établissements industriels, tout comme une thèse précédente au centre SITE de l'ENSM-SE avait montré l'adaptabilité aux PME d'une méthode d'analyse de risques classiquement utilisée dans les grands groupes industriels.

Nous allons maintenant retracer le cheminement de notre raisonnement avant de souligner les principaux résultats de cette recherche et de préciser les travaux et axes de recherches complémentaires.

1) Cheminement de la recherche

Notre approche a consisté, dans un premier temps, à définir a priori les caractéristiques d'un dispositif de retour d'expérience destiné à des petits établissements industriels. Nous avons, d'une part, étudié les spécificités des petits établissements industriels et leurs objectifs en matière de maîtrise des risques et, d'autre part, analysé les différents types de retour d'expérience existant dans les grands groupes industriels et de transport. Dans un deuxième temps, nous avons vérifié la validité de ce modèle en réalisant un dispositif de retour d'expérience à destination d'entreprises de l'industrie du traitement thermique.

A partir du constat que le concept du retour d'expérience pouvait s'appliquer aux petits établissements industriels mais qu'en revanche les dispositifs développés par les grands groupes n'étaient pas adaptés à leur fonctionnement, nous avons supposé qu'il était possible de définir de nouvelles modalités pour la mise en application du concept dans ces établissements. Celles-ci permettraient de profiter de l'expérience des grands groupes en matière de retour d'expérience tout en tenant compte des spécificités des petits établissements industriels.

Pour déterminer ces modalités, nous sommes partis du principe qu'elles devaient répondre à un objectif de retour d'expérience qui, lui-même, devait correspondre à un besoin en matière de maîtrise des risques. Nous avons alors recherché les besoins des petits établissements industriels en matière de maîtrise des risques et identifié une série d'objectifs de retour d'expérience associés.
Nous avons constaté, à partir d'une analyse des dispositifs existants, que les caractéristiques qui se déduisaient de ces objectifs concernaient la nature des informations intervenant dans le processus de retour d'expérience ainsi que le mode de collecte, d'analyse et de diffusion de ces informations.
Enfin, nous avons alors déterminé les caractéristiques d'un dispositif de retour d'expérience applicable dans les petits établissements industriels, en tenant compte à la fois du besoin principal que nous avons identifié, l'analyse de risques, et des données potentiellement disponibles associées à leur mode de collecte envisageable.

Nous avons alors mené une expérimentation en milieu industriel dans le but d'appliquer ces caractéristiques théoriques en situation réelle. Il s'agissait de réaliser un outil d'analyse de risques, adapté à la profession du traitement thermique et reposant sur un retour d'expérience. Ce travail a mis en jeu le CETIM en tant qu'organisme relayant la demande des entreprises de cette profession et deux de ces entreprises : une grande entreprise (36 établissements, 1200 personnes) nouvellement constituée par le regroupement d'un ensemble de PME et une petite entreprise (3 établissements, 58 personnes).
Nous avons utilisé une méthode d'analyse de risques existante à laquelle nous avons intégré des données utiles à l'analyse et issues du retour d'expérience. Le dispositif de retour d'expérience utilisé a été réalisé selon les caractéristiques théoriques précédemment définies.

2) Contributions de la recherche et perspectives

Trois types de contribution de l'expérimentation peuvent alors être mis en évidence :

- le fait d'avoir mis en application les caractéristiques théoriques témoigne d'une certaine validité de ces caractéristiques et a permis de les compléter ;
- la réalisation pratique du dispositif nous a amené à définir une démarche susceptible d'être reproductible dans d'autres domaines d'activité ;
- enfin, l'expérimentation contribue à la problématique proprement die de la thèse : l'apport du retour d'expérience à la maîtrise des risques HSE dans les petits établissements industriels.

a) Caractéristiques permettant de décrire un dispositif de retour d'expérience

l'expérimentation a montré que les caractéristiques proposées a priori permettaient globalement de décrire le dispositif de retour d'expérience réalisé et que les valeurs données à ces caractéristiques étaient globalement adaptées, à la fois au contexte des petits établissements industriels et aux objectifs poursuivis dans notre cas. Cette réalisation a également souligné l'importance du modèle de structuration des données utilisé dans un dispositif de retour d'expérience. Ce modèle doit être explicite et il constitue une caractéristique nécessaire pour décrire un dispositif (ou système) de retour d'expérience.

De même, le type et l'organisation des acteurs qui interviennent dans le processus doivent être clairement définis dès le début de l'étude.

Le dispositif proposé a ainsi pu être décrit à partir des caractéristiques de dispositif de retour d'expérience suivantes :

- le processus de collecte et le processus d'analyse,
- le modèle d'organisation des données,
- le type d'expérience pris en compte et celui des facteurs causaux considérés,
- l'organisation du retour d'expérience en termes de positionnement des entités intervenant dans le processus de retour d'expérience et d'acteurs impliqués dans ce processus.

Enfin, il est raisonnable de penser, même si cette supposition mériterait de faire l'objet d'une validation plus complète, que ces caractéristiques permettraient de décrire tout autre système de retour d'expérience pour la maîtrise des risques.

b) Démarche pratique de constitution d'un outil d'analyse de risques s'appuyant sur le retour d'expérience

La démarche adoptée lors de notre expérimentation et, en particulier, l'organisation de l'information et l'outil informatique qui ont été proposés, constituent une forme d'enseignement pratique.
Cette démarche est, en effet, généralisable dans la mesure où le domaine auquel elle s'applique et les objectifs qui la motivent, restent similaires à nos conditions expérimentales. Cela se traduit par le respect des trois critères suivants :

- un objectif d'analyse de risques d'évaluation globale des risques ou de détermination de conditions sécuritaires matérielles ;
- un domaine d'activité dans lequel les matériels occupent une place prépondérante dans le procédé de production ;
- la volonté et la possibilité de capitaliser les informations utiles à l'analyse de risques.

Ces limites étant posées, il est alors possible de décrire les différentes étapes de la démarche. Nous les avons formalisées de façon à souligner les objectifs de chaque étape et à anticiper les principales difficultés que pourraient rencontrer un utilisateur de la démarche. L'outil informatique créé est également réutilisable pour traiter des jeux de données relatives à de nouveaux domaines d'activité, à partir du moment où l'organisation des données que nous avons définie dans le cas du traitement thermique est applicable.

L'outil d'analyse de risques reste à valider par une utilisation dans des conditions réelles, même s'il a déjà reçu un accueil très favorable lors de ses premières présentations aux partenaires industriels de ce projet. Des améliorations sont naturellement envisageables. Notamment, il serait intéressant de pouvoir étendre l'analyses à des facteurs humains et organisationnels. Nous avons également souligné que nous n'avons pas pu exploiter les expériences positives de façon aussi approfondie que les accidents. Nous pensons que ceci peut s'expliquer par la carence des modèles d'organisation de données issues de ce type d'expérience. La définition d'un tel modèle constitue un axe de recherche en matière de retour d'expérience.
En revanche, le dispositif de retour d'expérience itératif qui permettrait de mettre à jour et d'enrichir progressivement l'outil d'analyse de risques doit fait l'objet d'une étude supplémentaire. Un tel dispositif pourrait notamment avoir le double objectif de permettre la

mise à jour de l'outil et de répondre à la préoccupation de veille des Industriels afin de motiver la participation de ces derniers.

c) Contribution à la problématique de la thèse

La problématique de la thèse concerne l'apport du retour d'expérience à la maîtrise des risques HSE dans petits établissements industriels, comprenant des PME et des petits établissements non juridiquement indépendants mais présentant d'importantes similarités avec les PME au niveau opérationnel.
Or, alors qu'elle devait initialement porter sur une profession dont la moitié des salariés travaillent dans une PME, notre expérimentation a en définitive eu lieu essentiellement au sein d'une même entreprise composée de petits établissements. Ce fait illustre par ailleurs la difficulté de travailler avec des PME, notamment dans le domaine de la maîtrise des risques HSE.
La société dans laquelle nous sommes intervenus, était de constitution assez récente et regroupait un grand nombre d'établissements de petite taille accoutumés à fonctionner avec une autonomie relativement importante. Nous avons constaté (en tout cas au moment de notre expérimentation) que les conditions opérationnelles que nous observions dans les différents établissements correspondaient bien à la description du fonctionnement et de la maîtrise des risques en PME. En revanche, l'influence de l'entreprise s'est traduite par une réelle prise en compte de la problématique de la maîtrise des risques et l'allocation des ressources nécessaires pour satisfaire aux objectifs de l'entreprise en la matière.

L'outil répondant aux besoins de la société dans laquelle l'étude a eu lieu, tout laisse à penser qu'il répond également aux besoins des petits établissements de notre terrain d'étude, même si ceux-ci ne les ont peut être pas encore identifiés.
La mise en œuvre de la démarche est toutefois problématique sans le support d'une structure spécialisée en risques HSE. Notre expérimentation semble indiquer que les petits établissements industriels ont besoin de s'appuyer sur une structure extérieure qui prenne en charge une partie des ressources (en particulier humaines) nécessaires à la maîtrise des risques. Dans le cas des PME, cette structure extérieure peut être constituée par des organismes indépendants et les entreprises plus structurées de leur domaine d'activité.

Les dirigeants de PME utilisent, en effet, des réseaux pour se tenir informer, de façon informelle. De tels réseaux pourraient alors associés, en ce qui nous concerne, différentes PME d'un même secteur d'activité, des organismes intervenant dans le domaine des risques ainsi que des entreprises de taille plus importante et plus avancées en la matière.
Dans ce type de structure ou de réseau, le retour d'expérience et en particulier la démarche et l'outil que nous avons proposés, sont alors a priori applicables à l'ensemble des petits établissements industriels de notre terrain d'étude.

L'étude réalisée illustre alors l'utilité du retour d'expérience pour la maîtrise des risques HSE dans les petits établissements industriels dans la mesure où le dispositif proposé permet de réaliser des analyses de risques sans forcément disposer de spécialistes en matière de risques HSE. Il permet également de constituer une référence globale de maîtrise des risques dans un secteur d'activité spécifique et ainsi faciliter le dialogue avec les partenaires de l'entreprise et fournir un outil d'analyse de risque adapté à des petits établissements industriels qui ne disposeraient pas nécessairement des moyens de développer leur propre outil.

La constitution d'une référence est une utilité potentielle du dispositif qui n'était pas prévue initialement et qui a été identifiée par les Industriels comme un de leur véritable besoin.
Cependant, l'expérimentation montre également que l'utilité du retour d'expérience n'apparaît pas directement aux chefs de petit établissement. Le retour d'expérience peut ainsi être utilisé avantageusement mais de façon indirecte, par l'intermédiaire d'outils répondant à un besoin clairement identifié par les dirigeants.

BIBLIOGRAPHIE

[ABORD 95] **ABORD DE CHATILLON, Emmanuel**. *Accident du travail et gestion de la sécurité : représentations des acteurs et efficacité des outils*. Thèse de doctorat en Sciences de Gestion. Université de Savoie, décembre 1995. 391p.

[ABRAMOVICI 99] **ABRAMOVICI, Marianne**. *La prise en compte de l'organisation dans l'analyse des risques industriels, méthodes et pratiques*. Thèse de doctorat en Sciences de Gestion. Ecole Normale Supérieure de Cachan, juillet 1999. 421p.

[AFNOR 97] **AFNOR**. *Equipements thermiques industriels*. NF EN 746, 1997.

[AMALBERTI 97] **AMALBERTI, René**. Notions de sécurité écologique : le contrôle du risque par l'individu et l'analyse des menaces qui pèsent sur ce contrôle. Approche psycho-ergonomique. Point de vue de René AMALBERTI. *Séminaire du Programme Risques Collectifs et Situations de Crise (CNRS).* Actes de la neuvième séance – 6 novembre 1997.

[AMALBERTI 99] **AMALBERTI R. et BARRIQUAULT C**. Fondements et limites du retour d'expérience. *Annales des Ponts et Chaussées*, 1999, n°91, p. 67-75.

[AMRAE 00] **Association pour le Management des Risques et des Assurances de l'Entreprise**. *La gestion des risques*. [en ligne]. Date de consultation juillet 2000. Disponible sur Internet http://www.amrae.asso.fr

[ARGYRIS 95] **ARGYRIS, Chris**. *Savoir pour agir. Surmonter les obstacles à l'apprentissage organisationnel*. Paris : InterEditions, 1995.

[ATTT 94] **ATTT**. *Glossaire du traitement thermique*. Paris : Pyc Edition, 1994.

[ATTT 98] **ATTT**. *Les fluides de trempe*. Paris : Pyc Edition, 1998.

[AUPIED 94] **AUPIED, Jean**. *Retour d'expérience appliqué à la sûreté de fonctionnement des matériel en exploitation*. Paris : Eyrolles, 1994. 380p.

[AVENIER 92] **AVENIER, M-J**. Recherche-action et épistémologies constructivistes, modélisation systémique et organisations socio-économiques complexes : quelques « boucles étranges » fécondes. *Revue internationale de systémique*, 1992, vol 6, n°4, p 403-420.

[BAUMONT 01] **BAUMONT, Geneviève**. Le champ de l'expérience : aléas, incidents, accidents, l'éclairage des performances humaines et organisationnelles. *Convergence et divergence des pratiques des retours d'expérience technique et humain*. Collection de l'Institut de Sûreté de Fonctionnement, Paris, 25 Janvier 2001. p. 19-27.

[BRUNET 94] **BRUNET E. et ERMINE J-L**. *Problématique de la gestion des connaissances des organisations*. Cours n°4. IA'94 – mai/juin 1994, Paris.

[BUISSON 01] **BUISSON, Christian**. *La maîtrise des risques système.* Brochure de la RATP, Paris, 2001.

[CANTIN 92] **CANTIN, Roland**. *Pour une écologie industrielle : risques majeurs industriels internes ; enjeux sociaux et enjeux économiques.* thèse pour le doctorat de sciences économiques. économie de la production : Université Lumière Lyon 2. septembre 1992. 260 p

[CETIM 00] **BRESSY F., GARDES L., DEBRAY B. et RIOUT J**. *Analyse des risques en traitement thermique – 1ère phase*. Rapport n° 1C7321, Editions CETIM, septembre 2000.

[CHAUSSIS 01] **CHAUSSIS, Pascal**. Application des techniques de data mining au retour d'expérience et à la sûreté de fonctionnement. *Convergence et divergence des pratiques des retours d'expérience technique et humain*. Collection de l'Institut de Sûreté de Fonctionnement, Paris, 25 Janvier 2001. p. 41-46.

[COLARDELLE 00] **COLARDELLE, C. et WYBO J-L.** Learning from experience of incidents in public transportation. A new form of experience reflection for organizational learning. *Proceedings of TIEMS'2000* – Orlando, May 2000.

[CRAM 97] **CRAM Rhône-Alpes**. *Programmer la prévention. Une démarche essentielle pour concevoir des locaux de travail*. Lyon, novembre 1997.

[CROZIER 77] **CROZIER, M et FRIEDBERG E**. *L'acteur et le système*. Paris : Seuil, 1977.

[DE COURVILLE 98] **DE COURVILLE, Bertrand**. Maîtrise des risques à Air France. Système de retours d'expérience. *Retours d'expérience, apprentissages et vigilances organisationnels. Approches croisées*. Actes de la première séance, 5 mars 1998. CNRS - Paris. p. 135-174.

[DEBRAY 97] **DEBRAY, Bruno**. Systèmes d'aide à la décision pour le traitement des déchets industriels spéciaux. Thèse en doctorat en Sciences et Techniques du Déchet. Ecole des Mines de St Etienne : 1997.

[DIDELOT 02] **DIDELOT A. et FADIER E**. Activité humaine et conception : utilisation des analyses par arbres logiques comme aide à la décision. *Aide à la décision et maîtrise des risques*. Textes des conférences du colloque européen de sûreté de fonctionnement λμ 13 – ESREL 2002, Lyon les 19, 20, 21 mars 2002. p. 65-70.

[DOS SANTOS 93] **DOS SANTOS J., LESBATS M. et PERILHON P**. Contribution à l'élaboration d'une science du danger. *Actes des Assises Internationales des formations universitaires et avancées dans le domaine des sciences et techniques du danger*. Bordeaux : Ed. Inforisk, 1993.

[EDF 90] **Electricité de France**. *Mémento de la sûreté nucléaire en exploitation*. EDF – STP, Paris, juin 1990. 270 p.

[EICHENBAUM 97] **EICHENBAUM-VOLINE C. et TAMISIER S**. Gestion des connaissances sur les réacteurs avec le système ACCORE. *Documents numériques*, 1997, vol 1, n°1, p. 1-15.

[EMSE 00] **Ecole des Mines de St Etienne**. *Etude de dangers VALDI*. Rapport de stage, septembre 2000.

[ERMINE 96] **ERMINE, Jean-Louis**. *Les systèmes de connaissances*. Paris : Hermès, 1996.

[ESReDA 98] **European Safety, Reliability & Data Association**. *Accident Databases as a Management Tool*. Proceedings of the 15th ESReDA Seminar, Antwerpen (B), November 16-17 1998. Edited by E. De Rademaeker (B), J.-P. Pineau (F). 243 p.

[ESSIG 02] **ESSIG Philippe**. *Débat National sur les Risques Industriels, Octobre – Décembre 2001. Rapport à Monsieur le Premier Ministre*. [en ligne]. Janvier 2002. Disponible sur Internet : http://www.enviro2b.com .

[FADIER 96] **FADIER, E. et NEBOIT, M**. Proposition d'une méthode d'analyse de la fiabilité opérationnelle intégrant l'analyse ergonomique. *Textes des conférences du 10e colloque national de Fiabilité et de Maintenance λμ 10*. St Malo, 1 au 3 octobre 1996.

[FAVARO 96] **FAVARO Marc**. La prévention dans les PME. Tome I : situation. *Les notes scientifiques de l'INRS*. Vandœuvre : Institut National de Recherche et de Sécurité. Janvier 1996. 60 p.

[FAVARO 97] **Marc FAVARO**. La prévention dans les PME. Tome II : enquête. *Les notes scientifiques de l'INRS*. Vandœuvre : Institut National de Recherche et de Sécurité. Décembre 1997. 207 p.

[FAYOLLE 01] **FAYOLLE R. et COURTOIS B**. Ateliers de traitement thermique, Hygiène et Sécurité. *Cahiers de notes documentaires*, 2e trimestre 2001, n°183, p. 5-20.

[FLEURANCE 00] **FLEURANCE, Jean Pierre**. *SYGMA – L'application informatique de maintenance des centrales nucléaires d'EDF*. Document de formation EDF – CNPE BUGEY. Mai 2000, 35 p.

[FRETTE 02] **FRETTE, R. et BERGER, A.** Analyse de fiabilité – Outil stratégique d'aide au management des ressources R&D. *Aide à la décision et maîtrise des risques*. Textes des conférences du colloque européen de sûreté de fonctionnement λμ 13 – ESREL 2002, Lyon les 19, 20, 21 mars 2002. p. 262-264.

[GARDES 01] **GARDES, Laurence**. *Méthodologie d'analyse des dysfonctionnements des systèmes pour une meilleure maîtrise des risques industriels dans les PME : application au*

secteur du traitement de surface. Thèse de doctorat en Sciences et Techniques du Déchet. Ecole des Mines de St Etienne : juillet 2001.

[GILBERT 99a] **GILBERT C. et BOURDEAUX I**. Gestion des risques et des crises : les procédures de retour d'expérience. *Les Cahiers de la sécurité intérieure,* 4e trimestre 1999, n°38, p. 125-156.

[GILBERT 99 b] **GILBERT, Claude**. Premiers éléments de réflexion pour une approche transversale du retour d'expérience. *Annales des Ponts et Chaussées*, 1999, n°91, p. 4-10.

[GONDRAN 01] **GONDRAN, Natacha**. *Système de diffusion d'information pour encourager les PME-PMI à améliorer leurs performances environnementales*. Thèse en doctorat en Sciences et Techniques du Déchet. Ecole des Mines de St Etienne : novembre 2001. 364p.

[JULIEN 96] **JULIEN, Pierre-André** (dir). *Les PME : bilan et perspectives*. GREPME (Groupe de Recherche en économie et gestion des PME*).* Québec : Economica. 1997. 364 p.

[HAN 99] **HAN J**.. `` Data Mining ", in J. Urban and P. Dasgupta (eds.), Encyclopedia of Distributed Computing , Kluwer Academic Publishers, 1999.

[ISDF 91] **Institut de Sûreté de Fonctionnement**. *Proposition d'une politique nationale en matière de banques de données de sûreté de fonctionnement*. Projet n°9/90.

[ISDF 94] **Institut de Sûreté de Fonctionnement**. *L'état de l'art dans le domaine de la Fiabilité Humaine*. Toulouse : Octares Editions, 1994. 446 p.

[ISDF 96] **Institut de Sûreté de Fonctionnement.** *Estimation de la fiabilité d'un produit (nouveau ou existant) à améliorer, à partir de retours d'expériences multiples et d'expertises***.** Projet n°2/96.

[IDSF 00] **Institut de Sûreté de Fonctionnement**. *Retour d'expérience en matière de facteur humain, Le rôle positif de l'homme dans la fiabilité des systèmes*. Collection de l'ISdF. Novembre 2000.

[JOHNSON 75] **JOHNSON, William G**. *MORT : The Management Oversight and Risk Tree*. Journal of Safety Research. March 1975/ Volume 7/ Number 1. p. 4- 15.

[KERVERN 95] **KERVERN, Georges-Yves**. *Eléments fondamentaux des Cindyniques*. Paris : Edition Economica, 1995. 100p.

[KIMMEL 95] **KIMMEL, Didier**. Méthodologie d'exploitation préventive des accidents (M.E.P.A.). *Préventique-Sécurité*, mai-juin 1995, n°21, p. 19-26.

[KOORNEEF 98] **KOORNNEEF, F., KINGSTON-HOWLETT, J**. Accident data in organisational learning, or what makes accident databases useful ? *Accident Databases as a*

Management Tool. Proceedings of the 15th ESReDA Seminar, Antwerpen (B), November 16-17 1998. Edited by E. De Rademaeker (B), J.-P. Pineau (F). p 171-184.

[LABADIE 98] **LABADIE, G, MONTMAYEUL, R, LLORY**, M. What lessons can be learnt from incidents and accidents ? Working towards a permanent monitoring system. *Accident Databases as a Management Tool*. Proceedings of the 15th ESReDA Seminar, Antwerpen (B), November 16-17 1998. Edited by E. De Rademaeker (B), J.-P. Pineau (F). p 121-130.

[LAFLAMME 90] **LAFLAMME, Lucie.** A Better Understanding of Occupational Accident Genesis to Improve Safety in the Workplace. *Journal of Occupational Accidents*, 1990, n°12, p.155-165.

[LAGADEC 80] **LAGADEC, Patrick.** *Le risques technologique majeur*. Paris : Seuil, 1980.

[LAGADEC 94] **LAGADEC, Patrick**. *Apprendre à gérer les crises. Société vulnérable – Acteurs responsables*. Paris : Editions d'Organisation, 1994.

[LANNOY 96] **LANNOY, André**. *Analyse quantitative et utilité du retour d'expérience pour la maintenance des matériels et la sécurité*. Paris : Eyrolles, 1996. 268p.

[LANNOY 96b] **LANNOY, André**. Analyse automatique de texte libre. Application au codage et à la validation des fiches du retour d'expérience. *Textes des conférences du 10e colloque national de Fiabilité et de Maintenance λμ 10*. St Malo, 1 au 3 octobre 1996.

[LANNOY 96c] **LANNOY, André**. *Le retour d'expérience technique. Un élément essentiel de la maîtrise de la sûreté de fonctionnement*. REE n°8, Septembre 1996. p. 25-39.

[LAULY 01] **LAULY J-J. et MESSINA J-P**. Qu'est ce que le retour d'expérience ? *Convergence et divergence des pratiques des retours d'expérience technique et humain*. Collection de l'Institut de Sûreté de Fonctionnement, Paris, 25 Janvier 2001. p. 5-17.

[LAULY 94] **LAULY J.J. et RINGLER J**. Organisation simple et pertinente du retour d'expérience pour petites et moyennes entreprises et industries (PME/PMI). *Revue Française de Mécanique*, 1994, n°4, p. 255-265.

[LEPLAT 85] **LEPLAT, Jacques**. *Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail*. Paris : A. Colin, 1985. 198p.

[LEROUX 95a] **LEROUX, Claude**. Traitement Thermique, une profession, un métier, une science. *Traitement thermique*, 1995, n°281, p. 24.

[LEROUX 95b] **LEROUX, Claude**. Un Traitement Thermique, pour quoi faire ? *Traitement thermique*, 1995, n°281, p. 25.

[LEROY 01] **LEROY, Pierre**. Utilisation du retour d'expérience pour l'utilisation de la maintenance. *Convergence et divergence des pratiques des retours d'expérience technique et*

humain. Collection de l'Institut de Sûreté de Fonctionnement, Paris, 25 Janvier 2001. p. 49-60.

[LEROY 96] **LEROY A.** Comparaison des approches d'analyse de risques de la sûreté de fonctionnement et des assureurs. *Démarches pour la connaissances et la maîtrise des risques*. Actes de colloques, Institut de Sûreté de Fonctionnement, Février 1996.

[LIU 92] **LIU, Michel**. Présentation de la recherche-action : définition, déroulement et résultats. *Revue internationale de systémique*, 1992, vol 6, n°4, p 293-311.

[LOUISOT 00] **LOUISOT, Jean-Paul**. *La gestion des risques dans les entreprises & les collectivités*. Document de formation, Groupe ESC Bordeaux, 2000.

[LYONNET 00] **LYONNET, Patrick**. *La maintenance. Mathématiques et méthodes*. Paris : Editions Technique & Documentation 4e édition, 2000. 393p.

[MADS 01] **MADS**. *Problématique de la Science du Danger*. [en ligne]. Date de consultation [septembre 2001]. Disponible sur Internet http://www-hs.iuta.u-bordeaux.fr/lesbats/cdsdl/Problem.htm

[MAHE 98] **MAHE DE BOISLANDELLE, Henri**. *La gestion des ressources humaines dans les PME*. 2ème édition. Paris : Economica. 1998. 486 p.

[MELESE 79] **MELESE, Jacques**. *Approche systémique des organisations - Vers l'entreprise à complexité humaine*. Paris : Editions Hommes et Techniques. 1979. 158 p.

[MONTEAU 90] **MONTEAU M. et FAVARO M**. Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques. 1. Des contrôles à l'ergonomie des systèmes. *Cahiers de notes documentaires*, 1er trimestre 1990, n°138, p. 91-122.

[MONTEAU 95] **MONTEAU, Michel**. Quelle utilité réelle du retour d'expérience dans le management de la sécurité en entreprise. *Journée management et retour d'expérience*. Actes de colloques, Institut de Sûreté de Fonctionnement, Juin 1995.

[MORIN 94] **MORIN, Edgar**. *Mes démons.* Paris : Edition Stock, 1994.

[NICOLET 89] **NICOLET J-L., CARNINO A. et WANNER J-C.** *Catastrophes ? Non merci ! La prévention des risques technologiques et humains*. Paris : Masson, 1989. 173p.

[PARIES 99] **PARIES, Jean**. Le retour d'expérience dans l'aéronautique : l'exemple d'une enquête-accident. *Retours d'expérience, apprentissages et vigilances organisationnels. Approches croisées*. Actes de la quatrième séance, 21 janvier 1999. CNRS - Paris. p. 85-113.

[PARIES 01] **PARIES J., VOLLARD C. et BRUOT M**. Méthodologie avancée pour les systèmes de rapport et d'analyse des incidents opérationnels. *Convergence et divergence des pratiques des retours d'expérience technique et humain*. Collection de l'Institut de Sûreté de Fonctionnement, Paris, 25 Janvier 2001. p. 73-84.

[PERILHON 00] **PERILHON, Pierre**. Eléments méthodiques. *Phoebus* , 2000, n°12, p31-49.

[PERROW 84] **PERROW, Charles**. *Normal accidents*. United States of America : BasicBooks, 1984. 386p.

[PINEAU 98] **PINEAU, J.-P**. Directory of ESReDA accident databases. *Accident Databases as a Management Tool, proceedings of the 15th ESReDA Seminar, Antwerpen (B), November 16-17 1998*. Edited by E. De Rademaeker (B), J.-P. Pineau (F). p 21-28.

[POMIAN 96] **POMIAN, Joanna**. *Mémoire d'entreprise*. Editions Sapientia, 1996. 233 p.

[QUEZEL 96] **QUEZEL-AMBRUNAZ, Laure**. *La prévention dans les petites et moyennes entreprises*. Rapport de fin d'études d'élève-ingénieur PRIHSE, avril-septembre 1996, Université Joseph Fourier, Institut des Sciences et Techniques de Grenoble.

[RASMUSSEN 90] **RASMUSSEN, Jens**. The role of error in organizing behaviour. Ergonomics, 1990, vol. 33, n° 10/11, p. 1185-1199.

[REASON 93] **REASON, James**. *L'erreur humaine*. Paris : Editions PUF, collection le travail humain, 1993.

[REASON 97] **REASON, James**. *Managing the risks of organisational accidents*. Aldershot, Ashgate, 1997.

[REIX 95] **REIX, Robert**. Savoir tacite et savoir formalisé dans l'entreprise. *Revue Française de Gestion*, septembre-octobre 1995, p. 17-28.

[RINGSTAD 98] **RINGSTAD, A.J**. The psychology of accident reporting systems. *Accident Databases as a Management Tool, proceedings of the 15th ESReDA Seminar, Antwerpen (B), November 16-17 1998*. Edited by E. De Rademaeker (B), J.-P. Pineau (F). p 201-211.

[THERRIEN 98] **THERRIEN, Marie-Christine**. *Pragmatisme et modèles systémiques pour la compréhension des processus de gestion des feux de forêt : apprentissage et expérience lors d'événements complexes.* Thèse de doctorat en Ingénierie et Gestion. Ecole des Mines de Paris : novembre 1998.

[TORRES 00] **TORRES, Olivier**. Du rôle et de l'importance de la proximité dans la spécificité de gestion des PME. *3ème Congrès International Francophone sur la PME*. Lille : Octobre 2000.

[TORRES 99] **TORRES, Olivier**. *Les PME*. Dominos. Evreux : Flammarion. Avril 1999. 128 p.

[VALANCOGNE 02] **VALANCOGNE, J. et NICOLET, J-L**. Defence-in-depth : a new systematic and global approach in socio-technical system design to guarantee better the timelessness safety in operation. *Aide à la décision et maîtrise des risques*. Textes des

conférences du colloque européen de sûreté de fonctionnement λμ 13 – ESREL 2002, Lyon les 19, 20, 21 mars 2002. p. 298-305.

[VEROT 98] **VEROT, Yvan**. Maîtrise du risque dans l'industrie chimique et pétrochimique : retour d'expérience. *Retours d'expérience, apprentissages et vigilances organisationnels. Approches croisées*. Actes de la première séance, 5 mars 1998. CNRS - Paris. p. 73-105.

[VEROT 99] **VEROT, Yvan**. Maîtrise du risque – Le retour d'expérience. *Actes de l'Ecole d'été : Gestion scientifique du Risque*, Albi septembre 1999, réseau Analyse du Risque Industriel (ARI).

[VILLEMEUR 88] **VILLEMEUR, Alain**. *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*. Paris : Eyrolles, 1988. 798p.

[VOLLOT 96] **VOLLOT, Jean-Louis et BARBET, Jean-François**. Maîtriser les risques. *Textes des conférences du 10^{e} colloque national de Fiabilité et de Maintenance λμ 10*. St Malo, 1 au 3 octobre 1996.

[WYBO 00] **WYBO, Jean-Luc**. Retour d'expérience et gestion des risques. *Les Cahiers de Cindyniques* – Ecole des Mines de Paris, 2000.

LISTE DES ABREVIATIONS

ARAMIS	Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of Seveso II directive
ARIA	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie
CETIM	Centre Technique des Industries Mécaniques
CHSCT	Comité d'Hygiène, Sécurité et Conditions de Travail
CID	Concertation inter départements
CNAM	Caisse Nationale d'Assurance Maladie
COMEXSI	Commission d'examen des situations
CRAM	Caisse Régionale d'Assurance Maladie
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EAR	Modèle Entité-Relation-Attribut
ENS	Evénement Non Souhaité
ENSM-SE	Ecole des Mines de Saint-Etienne
EPICEA	Etude de Prévention par l'Informatisation des Comptes-rendus d'Enquêtes d'Accidents du travail
ESReDA	European Safety, Reliability and Data Association
GREPME	Groupe de Recherche en Economie et gestion des PME
HSE	Hygiène, Sécurité et Environnement
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
ISDF	Institut de Sûreté Fonctionnement (nouvelle dénommé IMDR-SdF : Institut pour la maîtrise des risques et la sûreté de fonctionnement)
MADS	Méthodologie d'Analyse des Dysfonctionnements dans les Systèmes
MAFERGO	Méthode d'Analyse de la Fiabilité et d'ERGonomie Opérationnelle
MEPA	Méthodologie d'Exploitation Préventive des Accidents
MORT	Management Oversight and Risk Tree
MOSAR	Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques
PME	Petites et Moyennes Entreprises

REXAO	Retour d’expérience et apprentissage organisationnel
SITE	Sciences, Information et Technologies pour l’Environnement
SYGMA	Système de Gestion de la Maintenance
WANO	World Association of Nuclear Operators

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Positionnement du terrain d'étude

Figure 2 : Evolution du taux de fréquence pour différentes tranches d'effectif

Figure 3 : Représentation de l'intégration de l'environnement dans la PME (modèle simplifié) [GONDRAN 01]

Figure 4 : Machines dangereuses : les représentations des « entrepreneurs » [FAVARO 97]

Figure 5 : Machines dangereuses : les représentations des « experts » [FAVARO 97]

Figure 6 : Processus de transformation d'une donnée brute [LAULY 01]

Figure 7: Modèle d'accident organisationnel [REASON 97]

Figure 8 : Exemple d'arbre des faits [LEPLAT 85]

Figure 9 : Schéma de principe de l'étude

Figure 10 : Modèle du processus de danger MADS

Figure 11 : Principe d'organisation des informations relatives aux scénarios de danger

Figure 12 : Exemple d'utilisation du modèle E.A.R.

Figure 13 : Schématisation des étapes de l'expérimentation

Figure 14 : Structure de la base de données

Figure 15 : Schéma du four à charge à bac de trempe incorporé

Figure 16 : Arbre générique de l'explosion de gaz confiné

Figure 17 : Grille Gravité / Probabilité

Figure 18 : Schéma de la démarche

Figure 19 : Schématisation de la mise à jour de l'outil

Figure 20 : Symbole de la structure de la PME

Figure 21 : Symbole de la structure de la grande entreprise

Figure 22 : Structure de l'entreprise étudiée

Figure 23 : Modèle d'organisation du retour d'expérience a priori

Figure 24 : Modèle d'organisation réel du retour d'expérience

Tableau 1 : Caractéristiques de la spécificité de la PME [JULIEN 97]

Tableau 2 : Synthèse des objectifs de retour d'expérience

Tableau 3: Tableau de la méthode MOSAR

LISTE DES ANNEXES

- **Annexe A : Compléments relatifs au dispositif de retour d'expérience mis en place au CNPE du Bugey**

- **Annexe B : Extrait de l'enregistrement de la visite de l'établissement de St Dié de Bodycote Hit (durée approximative de l'extrait : 1h30 – 2h)**

- **Annexe C : Tableau A d'un four à charge avec bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée**

- **Annexe D : Typologie des matériels de traitement thermique**

- **Annexe E : Liste des événements non souhaités relatifs au traitement thermique**

- **Annexe F : Listes des flux de danger utilisés et leurs impacts sur les cibles**

- **Annexe G : Arbre des causes de l'explosion de gaz confiné d'un four à charge avec bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée**

- **Annexe H : Mode d'emploi de l'outil informatique**

Annexe A : Compléments relatifs au dispositif de retour d'expérience mis en place au CNPE du Bugey

Annexe B : Extrait de l'enregistrement de la visite de l'établissement de St Dié de Bodycote Hit (durée approximative de l'extrait : 1h30 – 2h)

En partie chaude, vous n'avez rien d'autre que la porte avant. Quand on entre les pièces, on est au-delà de 750°C : on ouvre la porte, il y a une entrée d'air mais du fait que l'on est à plus de 750°C, il y a auto-inflammation des gaz.
Ici, on est dans la partie froide. Si on ouvre la porte, on a la partie froide qui contient des gaz de traitement, comme vous voyez brûler là, donc là on va créer un mélange de gaz explosif avec de l'oxygène. Si on a rien pour éviter ça, inévitablement ça explose (les gaz de traitement contiennent 40% d'hydrogène.
Donc qu'est qu'on fait pour éviter ça ? Quand on ouvre la porte on a un élément de sécurité qui est la veilleuse, qui va enflammer une rampe de gaz. Cette rampe de gaz va créer un écran de flammes qui fait que l'air entrant et le gaz sortant vont être automatiquement enflammés avant qu'il n'y ait explosion.
Un cas d'incident c'est en cas de défaillance du système de sécurité qui nous protège de l'explosion. Ça ne peut avoir lieu que dans la partie arrière ce qui fait que, normalement, il n'y a rien derrière les fours à part les murs. Mais ici, nous sommes dans une implantation de type productif et non sécuritaire, mais on s'arrange en général pour qu'il n'y ait pas d'opérateur qui travaille ni de panneau débitmétrique des gaz.

Voici une gamme écrite que suit l'opérateur.
[Peut-il y avoir des incidents dus à une gamme non respectée ?]
Si il y a une erreur dans la gamme, il n'y pas de répercussion sur la sécurité. Une gamme est une succession d'opérations et chaque opération est réalisée dans un matériel différent. Donc il fait bien l'opération principale dans le four batch, mais imaginons qu'il se trompe dans la température de refroidissement. On ne va pas le voir car on est ici en manuel mais dans d'autres installations l'opérateur ne fait que lancer la gamme, la supervision prend ensuite le pas.
Possibilité ou non de mettre des écrans contre le rayonnement, ça dépend des personnels.
Problèmes de manutention : à partir du moment où la charge est rentrée, on peut avoir des problèmes en interne comme la porte intermédiaire qui ferme mal ou qui ouvre mal. En fait, si la charge est mal placée, elle ne passe pas la porte à cause de la dilatation. La charge peut également restée coincée dans l'ascenseur.

Il y a des problèmes de personnel liés à ça : si il y a un incident et que l'opérateur ne sait pas où est la charge, il peut y avoir des erreurs d'interprétation : c'est le plus gros danger.
Indicateur de position de charge : il y a toute la partie commande, après c'est sur le four :

- le vérin de porte intermédiaire, vous voyez bien qu'il est descendu : la porte est fermée,
- sur la chaîne de transfert de l'autre côté, vous avez une came qui vous dit où est votre charge, mais il y a toujours le problème que c'est l'extérieur…dedans ?!

[Il y a toujours de la fumée ?]
Oui, la première raison, c'est que les portes sont graissées et pièces sont légèrement humides et grasses. Il faut jamais être en dépression dans le local ; vous tirez l'atmosphère à l'extérieur, vous êtes à l'air froid, les gaz sortent et s'enflamment.
Au niveau de la sécurité pour éviter les surpressions, vous avez un clapet, une grosse assiette avec un orifice calibré qui correspond au débit normal du four. Dès que la pression monte, elle se décolle. Inversement si la pression descend trop, on rentre de l'air.
Pour la température du laboratoire, on va retrouver pratiquement sur toutes les installations, une régulation à distance et une sécurité séparée et indépendante. On a :

- une chaîne de régulation de température : des détecteurs (thermocouples), on analyse avec un régulateur l'écart à la consigne et on injecte du gaz pour chauffer ou refroidir.
- Vous avez la même boucle sur la sécurité : thermocouple qui va mesurer la température, qui est indépendant de la régulation, un régulateur qui mesure l'écart entre la consigne de sécurité et la mesure et après le régulateur va aller agir sur le système de sécurité indépendant de la régulation, pour couper l'ensemble du four.
- Et ensuite, vous avez une troisième boucle qui concerne l'enregistrement de la température du laboratoire plus différentes informations.

En cas de baisse trop importante de la température, il y a éventuellement un inertage d'azote.

Dans les fours batch, dès lors que l'on a 750°C, on passe en mode sécurité :

1. inerter le four : injecter de l'azote à haut débit pour chasser les gaz d'atmosphère
2. couper l'arrivée de tous les gaz de traitement (méthanol, azote de traitement, propane ou ammoniac)
3. alarme

Sur les fours à tapis, c'est pareil.

Avec 750°C on a une marge de sécurité ; le taux d'hydrogène n'est pas toujours le même mais on considère qu'en général la température d'auto-inflammation des gaz d'atmosphère est d'environ 650°C.

L'accident majeur est l'explosion. Ce n'est pas difficile à créer car ça repose sur le système de sécurité de la porte arrière : si je coupe les gaz d'alimentation des veilleuses… mais c'est quand même une panne qui va me donner un défaut donc qui va faire en sorte que peut-être je vais passer sous azote. Si on coupe le gaz des veilleuses déjà on supprime une sécurité. Ça déjà il faut le détecter ; ici c'est le cas, mais tous les fours ne sont pas équipés de système de sécurité quand on coupe le gaz.
Ensuite, si je m'amuse à couper le gaz de la rampe, alors là je peux le faire aussi. Vous allez me dire, tant que je n'ouvre pas la porte, ce n'est pas dangereux, sauf que là, j'ai tout à fait la possibilité en manuel d'ouvrir la porte en actionnant le distributeur qui est là. En automatique, je ne peux pas.
Beaucoup d'accidents sont arrivés quand l'opérateur ne sachant pas très bien dans quelle phase il était, se dit tiens je vais ouvrir la porte arrière, et pour une raison ou pour une autre, si le rideau de flammes est supprimé, volontaire ou involontairement, il rentre de l'oxygène dans l'atmosphère et ça explose.

En général, les opérations de maintenance se font sur des fours froids, les gros travaux tout au moins. Type d'accidents graves : on oublie de couper l'azote avant de rentrer dans le four. Il y a aussi les accidents mécaniques et de manutention : on peut se faire coincer par un ascenseur, une porte. A ce moment là c'est un verrouillage mécanique qu'il faut utiliser.
Tous les fours ont un taux de maintenance élevé, on travaille vers 900°C. Par exemple, pour l'isolation thermique, on rentre dans le four ; il faut donc condamner la porte mécaniquement pour être sûr que l'on pourra ressortir.
Un autre aspect est le remplissage d'huile. Quand vous faites une opération de maintenance annuelle, vous êtes amenés à vidanger le bac d'huile pour régénérer l'huile qui se dégrade à force de subir des chocs thermiques, en suite elle se pollue par la pollution qu'entraîne les pièces, par la pollution qu'entraîne l'atmosphère si elle est mal maîtrisée. Quand vous maîtrisez mal l'atmosphère, volontaire, ou involontairement, on crée des suies, et les suies vont avoir tendance à se déposer dans l'huile. Donc une fois par an, vous êtes amenés à faire la vidange du bac d'huile, à la faire filtrer et à la faire régénérer.

Jusque là pas de problème, le problème c'est quand vous remettez l'huile, un problème qui leur est arrivé ici.
2000 litres d'huile. Ils ont un système, où ils ont l'huile stockée en sous-sol et ils remplissent le bac avec une pompe, et dans le système qu'ils avaient avant la pompe était commandée par un simple capteur. Et il faut savoir que sur ce type de four par exemple, il n'y a pas de niveau fiable électrique. Ce n'est pas comme un verre d'eau où on mettrait un capteur qui dirait le verre est plein. On n'a pas aujourd'hui de solution fiable de niveau électrique, c'est à dire que l'on n'a que des niveaux visuels.
Niveau d'huile dans le bac avec les deux seuils : mini / maxi ; ça c'est pour l'opérateur : là il faut que tu rajoutes de l'huile, tu arrêtes de rajouter de l'huile et dans certaines conditions (huile chaude, huile froide, c'est pas du tout pareil).
Quand on remplit le bac, il y avait un système où l'opérateur mettait en marche la pompe et s'en allait. Donc un jour, il s'est vraiment en aller, il a oublié et il a sur-rempli le bac. Le transfert entre la partie chaude et la partie froide du four est réalisée par des chaînes sans fin qui passent dessus et en-dessous, ce que l'on appelle la partie chaude des chaînes et la partie froide, et donc pour faire circuler ces chaînes, il y a un chemin et l'huile, normalement quand le niveau est bon, n'atteint jamais le puits de chaînes, et là, quand il a sur-rempli le bac, l'huile est passée dans la chambre de chauffe. Quand ils ont démarré le four, il y avait plein d'huile dans la chambre de chauffe. L'huile s'est vaporisée sous l'effet de la température, ça a fait cocotte minute, ça a explosé et en plus ça a mis le feu au bac d'huile. Ils ont complètement détruit le four (c'est pour ça qu'il y a ces beaux poteaux bleus, parce qu'ils ont tout repeint…).
Impact de l'incendie : essentiellement, ça a pollué le bâtiment par des vapeurs d'huile, pas de dégâts au-delà du four. Il n'y a pas de gens dans les parages car il y a des signes avant-coureurs. Il n'y a pas de signes avant-coureurs dans les explosions, si on coupe les gaz et qu'on ouvre la porte en manuel. Par contre, quand il s'agit de phénomènes par pressurisation, par cocotte minute, en générale vous avez des fumées de différentes couleurs qui commencent à sortir par le clapet de sas, par la porte avant… Et puis, vous avez les portes avant qui sont prévues : c'est un système hydraulique donc il y a un joint, c'est prévu pour résister à une pression normale, en cas de pression « extrêmes » (plusieurs bars), les joints ne sont plus trop étanches et les fumées commencent à sortir par la porte avant et par la porte arrière.

Il faut savoir que, pour des raisons compliquées, dans les fours batch et dans les fours à tapis, ils ont choisi de mettre la même huile. Seulement, ils ont le même stockage et la même

installation de remplissage, une seule pompe. Donc avec une seule pompe, ils peuvent remplir x fours. Par exemple, si j'ouvre la vanne ici, j'attends qu'il y ait quelqu'un qui veuille remplir ce four là-bas. Le gars va aller ouvrir la vanne, il va remplir croyant remplir là-bas, et il va aussi remplir ici. Là, ils n'ont pas de système de sécurité, pourtant, on en a développé un qui permet dans des installations comme ça de ne jamais remplir qu'un seul four à la fois.

Donc, pas de niveau fiable car il y a beaucoup de paramètres qui entrent en jeu :

- température de l'huile, à 20°C et 60-80°C voire 100°C, elle ne prend pas du tout le même volume,
- effet de l'atmosphère contenue dans le sas qui joue sur le niveau,
- effet de la charge.

Aujourd'hui, tous les gens qui ont mis des niveaux électriques n'y sont jamais arrivé. A tel point que moi, je suis allé monter une installation en Chine. Elle est restée un an et dmi inutilisée parce que le gars a absolument voulu mettre un niveau électrique et il s'est fait explosé.

Ce qu'il s'est passé, c'est qu'il a mis un niveau électrique, il a fait le niveau sous atmosphère. Evidemment quand il a passé la charge en trempe, le niveau a donné trop d'indication, du style « trop haut » ou « trop bas ». ça a bloqué le transfert, il s'est retrouvé dans une situation instable, il a voulu rapidement résoudre la situation, il n'a pas inerté suffisamment le four, c'est à dire qu'il a inerté 10 minutes là où on demande d'inerter 30 minutes avant de rentrer dans un four par l'arrière (pas à l'avant car on est toujours à température) c'est à dire de mettre la tête et voir ce qui se passe, mais à condition d'avoir purgé correctement. Il a ouvert la porte, et c'est très vicieux dans ces fours-là, quand on ouvre la porte doucement, il y a une entrée d'air, il va y avoir déflagration instantanée par contre si j'ouvre la porte en grand, l'explosion, la création de la boule de feu n'est pas instantanée, elle se passe quelques secondes voire quelques minutes plus tard. C'est ce qui lui est arrivé : il a ouvert la porte, il s'est protégé 15 secondes, après il est allé voir ce qu'il se passait sur son niveau.

Nous on sait aujourd'hui que quand la charge est dans le bac et qu'on se situe entre les deux traits rouges (seuils mini, maxi) on est bon.

Sur un four TQ4 IPSEN, la plage indiquée par IPSEN est 3cm mais la marge de travail de l'huile entre 80 et 120°C, il y a 11 cm de différence de niveau, sans gaz dans le four. Vous rajoutez l'atmosphère, le bain baisse de 3 cm. Vous mettez une charge, ça bouge encore de 3 cm. Déjà, on sait que le niveau fabricant ne marche pas.

VTS nous a fait un système un peu bâtard, c'est à dire on a mis une sonde électrique mais qui sert d'indicateur, pas de régulateur (ce qui permet de doubler avec les sécurités d'alarme : seuils mini, maxi).
La détection optique est possible aussi mais c'est toujours le principe d'indicateur.
Autre chose qu'on a rajouté, c'est au niveau où on va passer dans le puits de chaînes : un arrêt total de l'atmosphère et du chauffage et des automatismes et au-dessous du niveau de la charge, il y a risque d'incendie : interdiction de tremper : ça c'est des alarmes hautes et basses et entre les deux il n'y a rien qui se passe.

Les accidents dus à un sur-remplissage d'huile : débordement d'huile du bac vers la partie laboratoire qui est chaude.
Mais à l'inverse, on peut avoir un sous-remplissage du bac et quand la pièce va tremper, elle ne va pas être complètement immergée dans l'huile. Une charge à 900°C immergée à moitié dans l'huile : l'huile qui est en surface va être très très chaude et va atteindre le point éclair instantanément, et là vous allez mettre le feu dans le bac. Ça fume terriblement mais on peut couper les gaz d'atmosphère et injecter de l'azote et à un moment donné ça arrête la réaction. Par contre, il y a beaucoup d'accidents où les gens, ne sachant pas ce qui se passait (parce qu'on ne voit rien dans ce bazar) les gens ouvraient la porte, alors on active la réaction.

[Retour sur l'accident précédent]
problème sur le niveau électrique : bon ça a foutu le cycle en l'air, parce qu'il se servait du niveau d'huile comme organe de sécurité, c'est à dire que si il n'y a pas le bon niveau, j'arrête : je coupe les gaz, donc j'arrête le mouvement de transfert, j'arrête tout. Il y avait le bon niveau mais comme le niveau électrique ne fonctionnement pas en termes de régulation, il a donné une fausse indication de défaut, ce qui a arrêté le cycle. Bon, il a dit c'est pas grave, j'arrête le four donc je coupe les gaz de traitement, j'injecte l'azote et quand on injecte l'azote il y a un temps, car avec le briquetage il y a un phénomène de pompage et ensuite là-dedans vous avez des parties creuses qui ont tendance à retenir les gaz prisonniers. C'est pour ça qu'on peut considéré qu'un four de type TQ4 est purgé de ses gaz d'atmosphère au bout de 30 minutes. Mais lui, comme son niveau électrique lui a donné une fausse indication, il était pressé et il n'a purgé que 10 minutes, et en 10 minutes il n'a pas suffisamment purgé le four ce qui fait que quand il a ouvert, il a laissé le rideau de flammes se créer, il a ouvert la porte, il a attendu 10 secondes, ensuite il a fermé le rideau de flammes, sinon vous ne voyez rien, il a

passé la tête pour voir ce qui se passait avec son niveau, il restait une poche de gaz à un endroit et boum.

Annexe C : Tableau A d'un four à charge avec bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée

	événement initiateur interne	événement initiateur externe	Flux de danger
A1 équipement sous pression			
A2 explosion d'origine physique			
Enceinte du four	Vaporisation de l'huile*		Augmentation de la pression à l'intérieur du four
	Vaporisation d'eau*		Augmentation de la pression à l'intérieur du four
	Dysfonctionnement d'un détendeur		Augmentation de la pression à l'intérieur du four
	Bouchage du clapet de sas		Augmentation de la pression à l'intérieur du four
Pièce		Présence d'un corps creux dans le laboratoire	Projectiles
A3 circulation de fluides			
Circuit pneumatique	Fuite d'un flexible		Perte de l'alimentation pneumatique
		Rupture d'alimentation en air comprimé	Perte de l'alimentation pneumatique
circuit d'huile	Fuite d'un flexible ou d'une tuyauterie		Pulvérisation huile
	Eclatement d'un flexible ou d'une tuyauterie		Projection du flexible et écoulement d'huile
		Arrachement d'un flexible ou d'une tuyauterie	Ecoulement d'huile
circuit d'eau de refroidissement	Fuite d'un flexible ou d'une tuyauterie		Projection de vapeur d'eau
	Eclatement d'un flexible ou d'une tuyauterie		Projection du flexible et écoulement d'eau
		Arrachement d'un flexible ou d'une tuyauterie	Ecoulement d'eau et perte du refroidissement
		Rupture d'alimentation en eau	Perte du refroidissement
Echangeur eau / huile	Colmatage progressif		Perte du refroidissement et nécessité d'intervention de

			maintenance
	Fuite d'un tube de l'échangeur avec Peau>Phuile		Accumulation d'eau dans l'huile de trempe
	Fuite d'un tube de l'échangeur avec Phuile>Peau		Accumulation d'huile dans le circuit d'eau de refroidissement
Echangeur huile / air	Fuite d'huile chaude		Projection d'huile
Pompe	Dégradation du fonctionnement		Perte de l'alimentation en fluide
A4 élément sous contrainte mécanique			
A5 élément en mouvement			
Porte	Commande automatique		Mouvement intempestif de la porte
		Rupture de l'alimentation électrique	Mouvement intempestif de la porte
		Rupture de l'alimentation pneumatique	Mouvement intempestif de la porte
Porte intermédiaire	Blocage mécanique		Transmission du rayonnement du laboratoire au bac d'huile
Ascenseur		Rupture de l'alimentation pneumatique	Mouvement intempestif de l'ascenseur
	Blocage mécanique (déformation, obstacle)		Arrêt de l'ascenseur, incident à l'immersion
	Accumulation de pièces dans le bac d'huile		Percement du bac d'huile
Chaîne de transfert	Blocage mécanique (déformation, obstacle)		Arrêt de la chaîne de transfert
Turbine de brassage d'atmosphère		Démarrage intempestif	Mouvement intempestif de la turbine
	Casse d'un morceau de turbine		Projectile
Brassage de l'huile		Rupture de l'alimentation électrique	Perte du refroidissement de l'huile
	Blocage mécanique (déformation, obstacle)		Perte du refroidissement de l'huile

A6 - Chute de hauteur			
Eléments en partie haute	Dysfonctionnement		Travail en hauteur
	Choc, vibration		Chute d'objet
A7 - Chute de plain pied			
Tuyauterie	Présente au niveau du sol		Présence d'obstacle
Huile	Egouttures huile		Sol glissant
A8 - Blessures (coupures, piqûres, contusions			
Eléments du four	Augmentation de la pression à l'intérieur du four		Projection d'objet, rupture d'élément
A9 - Bruit et vibration			
Turbine	Rotation de la turbine		Bruit et vibration
Surpresseur d'air de combustion	Aspiration d'air		Bruit
Brûleur	Combustion des gaz		Bruit
Pompe de l'échangeur			Bruit
B1 – Explosion de produits inflammables			
méthanol	Fuite d'une tuyauterie d'alimentation		création d'un mélange inflammable avec l'air
gaz de combustion	Fuite d'une tuyauterie d'alimentation		création d'un mélange inflammable avec l'air
	Défaut à l'allumage (vanne laissée ouverte, exemple veilleuse)		création d'un mélange inflammable avec l'air
gaz d'atmosphère	Entrée d'air sur ouverture en partie chaude*		création d'un mélange inflammable avec l'air
	Entrée d'air sur ouverture en partie froide*		création d'un mélange inflammable avec l'air
	Entrée d'air par manque de pression*		création d'un mélange inflammable avec l'air
	Défaut d'étanchéité, fuite vers de gaz vers l'extérieur		création d'un mélange inflammable avec l'air
propane	Fuite d'une tuyauterie d'alimentation		création d'un mélange inflammable avec l'air
ammoniac	Fuite d'une tuyauterie d'alimentation		création d'un mélange inflammable avec l'air
Huile humide	Trempe d'une charge chaude		Création de fines gouttelettes

			d'huile facilement inflammables
B2 – Interaction entre produits			
Huile / eau		Fuite d'échangeur de température	Pollution de l'huile par l'eau
		Condensation d'atmosphère humide	Pollution de l'huile par l'eau
		Projection	Pollution de l'huile par l'eau
	Teneur en eau trop importante suite à un stockage incorrect		Pollution de l'huile par l'eau
Huile / alcool		Mauvais craquage d'alcool	Pollution de l'huile par un produit à bas point éclair
Gaz d'atmosphère / eau		Fuite sur le circuit de refroidissement (moteur de turbine)	Atmosphère humide
		Chargement de pièces humides	Atmosphère humide
Gaz d'atmosphère / métal	Enceinte du four et tuyauteries		corrosion
Eau / métal	présence de poches d'eau dans bac d'huile		corrosion
B3 - Agressivité et toxicité			
huile	passage des pièces huileuses à travers le rideau de flammes		création de brouillards d'huile
gaz de combustion	mauvais réglage des brûleurs		rejets pouvant contenir du CO
Gaz manufacturés (présence de 10 à 20% d'oxyde de carbone	fuite d'une tuyauterie d'alimentation		gaz contenant du CO
gaz d'atmosphère	mauvais réglage des torchères et du débit de gaz		rejets pouvant contenir du CO
gaz d'atmosphère non brûlé	défaillance de la veilleuse de clapet, fuites par les joints de porte		gaz contenant du CO
	Dégagement de gaz du garnissage réfractaire		gaz contenant du CO
ammoniac	fuite d'une tuyauterie d'alimentation		Gaz toxique
gaz d'atmosphère	ouverture des portes, clapet de sas		Rejet de gaz d'atmosphère brûlés

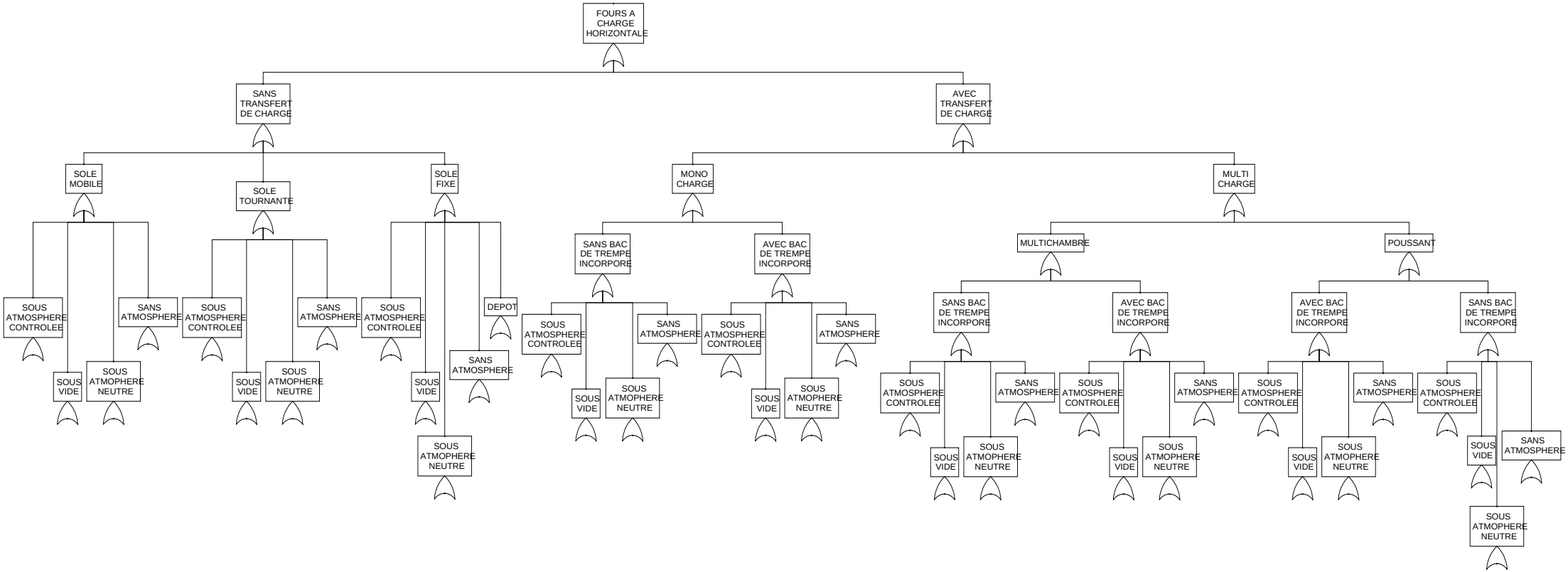
	analyseur d'atmosphère contrôlée		Rejet de gaz d'atmosphère brûlés
Four en fonctionnement	portes graissées	pièces légèrement humides, grasses	Echappement fumées
Conduits de cheminées	accumulation de suie et d'huile dans les conduits		Feu de cheminée
huile		incendie	Fumées toxiques
B4 - Manque d'oxygène			
gaz de combustion		Accumulation dans un endroit confié	création de zone pauvre en oxygène
gaz d'atmosphère		Accumulation dans un endroit confié	création de zone pauvre en oxygène
propane		Accumulation dans un endroit confié	création de zone pauvre en oxygène
azote		Accumulation dans un endroit confié	création de zone pauvre en oxygène
		four insuffisamment aéré	création de zone pauvre en oxygène
	vanne d'arrêt laissée ouverte ou défaut d'étanchéité		création de zone pauvre en oxygène
B5 – Pollution environnementale			
Circuit d'huile	Fuite d'une tuyauterie		Ecoulement d'huile
Bac d'huile	Rejet du trop plein non contrôlé		Ecoulement d'huile
Circuit de méthanol	Fuite d'une tuyauterie		Ecoulement de méthanol
gaz de combustion	Combustion		Rejet de gaz d'échappement des brûleurs
gaz d'atmosphère	Evacuation des gaz brûlés		Rejet de gaz d'atmosphère brûlés
Conduits de cheminées	accumulation de suie et d'huile dans les conduits		Feu de cheminée
B6- Risque biologique			
C1 - Electricité à courant continu ou alternatif			

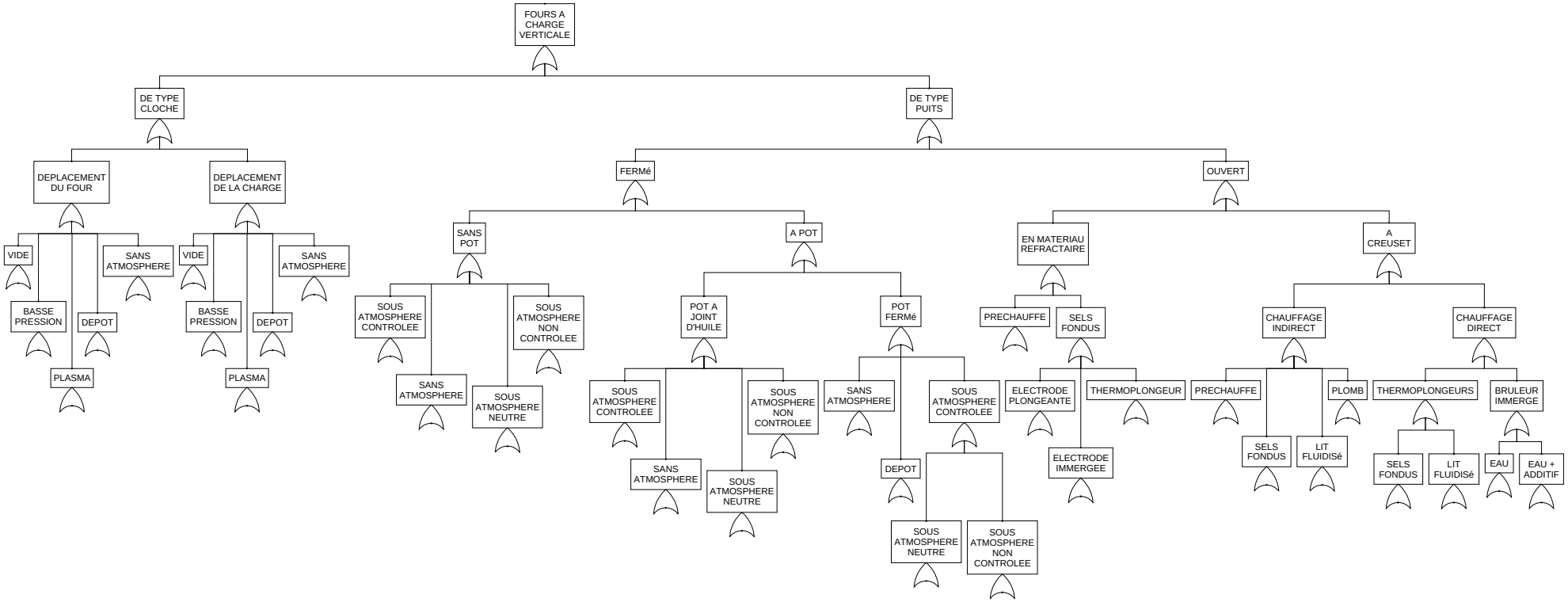
armoire de commande	Porte non fermée		accès à pièces nues sous tension
		Intervention dans l'armoire	accès à pièces nues sous tension
élément métallique de four	défaut d'isolement		Accès à des conducteurs sous tension de façon inhabituelle
		défaut de masse	Accès à des conducteurs sous tension de façon inhabituelle
Fil conducteur	Dégradation de l'isolement		Accès à un conducteur sous tension et possibilité de court-circuit
		Arrachement de fils électriques	Accès à un conducteur sous tension et possibilité de court-circuit
Eléments fonctionnant avec de l'énergie électrique		Surintensité électrique	Surchauffe
		Rupture de l'alimentation électrique	Perte de la fonction de l'équipement, possibilité de mouvement intempestif
	Eléments défectueux		Création d'un court-circuit
C2 - Electricité statique			
C3 - Condensateurs de puissance			
C4 - Hautes fréquences (F > 10 kHz)			
D1 - Sources d'incendie			
Bac huile	Augmentation de la pression à l'intérieur du four		Débordement de l'huile vers les parties chaudes
		Surremplissage du bac d'huile	Débordement de l'huile vers les parties chaudes
	Pollution de l'huile par un produit à bas point éclair		Inflammation de l'huile
Dépôts huileux	Condensation d'huile dans les aspirations		Feu de cheminée
	Dépôts huileux sur les parois et voûte du bac		Inflammation de l'huile
conduits fissurés	feu de cheminée		Propagation d'un feu de

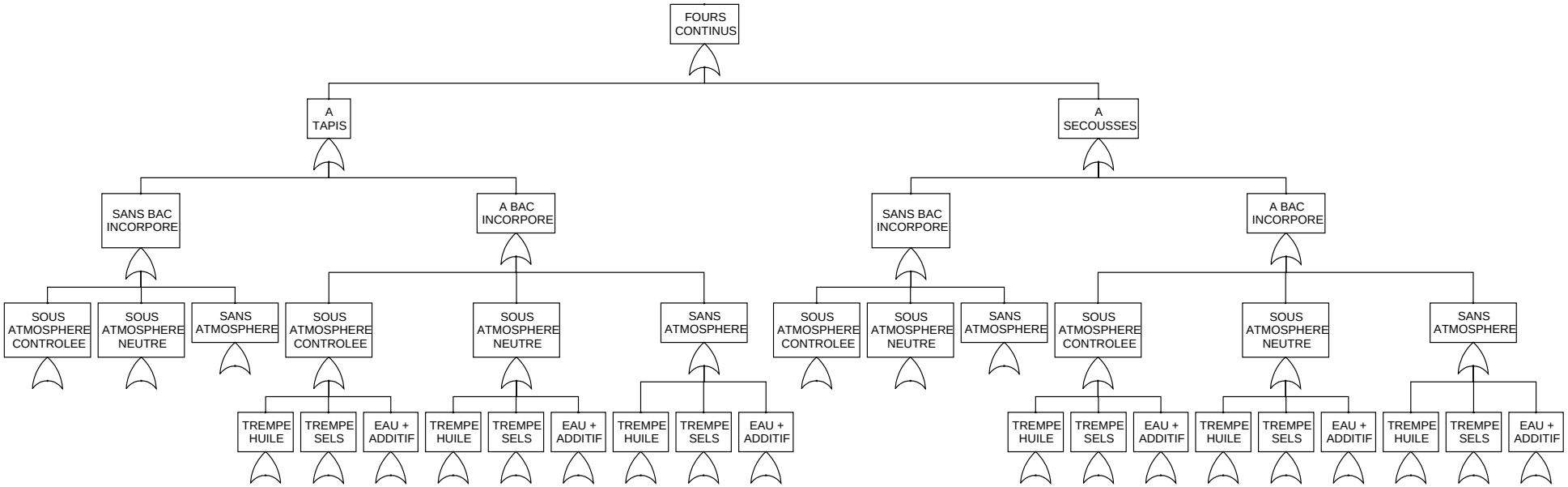
			cheminée
conduits d'évacuation de gaz de combustion		Environnement combustible	surchauffe
système de chauffage	Installation défectueuse		surchauffe, retour de flamme
Accumulation de suies	Surcharge en carbone		Incendie
D2 – Source de chaleur / rayonnement			
échappement des gaz de combustion	sortie des gaz à hauteur d'homme		gaz chauds
échangeur eau / huile	maintenance : échangeur bouché	Débouchage de l'échangeur	projection de vapeurs d'eau
paroi du four	paroi du four > 60°C accessible		Paroi chaude accessible
Intérieur du four	Ouverture en température		Rayonnement, paroi chaude potentiellement accessible
brûleurs, veilleuses, rideau de flammes	Fonctionnement normal		flammes nues accessibles
E1- Erreur humaine			
Dérive de température non maîtrisée	Erreur de lecture		Température insuffisante ou excessive
	Absence de vérification		Température insuffisante ou excessive
	Manque de connaissances		Température insuffisante ou excessive
Dérive de l'atmosphère non maîtrisée	Chargement trop intensif en carbone		Accumulation de suies
Dérive de pression du four non maîtrisée			
Veilleuse permanente de porte éteinte	Absence de surveillance		Explosion lors de l'ouverture de la porte
	Vanne laissée fermée par omission		Explosion lors de l'ouverture de la porte
	Vanne laissée fermée par méconnaissance de l'équipement ou du danger		Explosion lors de l'ouverture de la porte

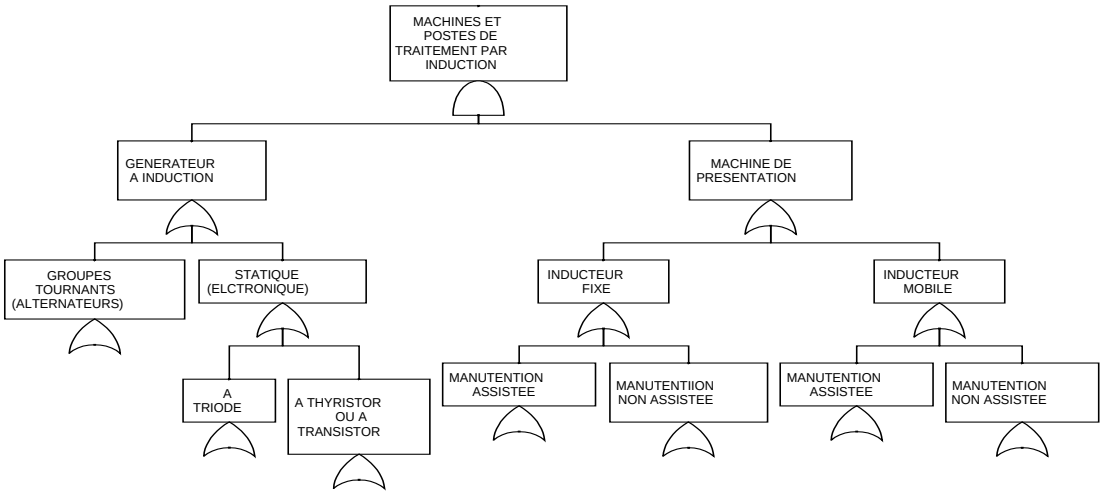
Gaz de la rampe de gaz coupé	Vanne laissée fermée par omission		Explosion lors de l'ouverture de la porte
	Vanne laissée fermée par méconnaissance de l'équipement ou du danger		Explosion lors de l'ouverture de la porte
Rampe de gaz bouchée (suie, graisse de porte)	Défaut d'entretien		Explosion lors de l'ouverture de la porte
Ouverture inopportune d'une porte en manuel	Manque de connaissance ou sous-estimation du risques		
	Application de règles erronées		
	Erreur d'interprétation		
	Raccourci trop rapide		
Durée d'inertage insuffisante	Manque de connaissance ou sous-estimation du risques		
	Application de règles erronées		
	Erreur d'interprétation		
	Raccourci trop rapide		
Mise hors service des sécurités	Niveau d'accès mal étudié		
Surremplissage du bac d'huile			
Sous-remplissage du bac d'huile			
Défaut de surveillance du niveau d'huile du bac			
Défaut de surveillance de la pression de l'échangeur			
Coupure d'énergie intempestive	Niveau d'accès mal étudié		
Came d'ouverture de porte non remontée	Erreur de maintenance		
Came d'ouverture de porte déplacé	Choc dans un élément du four		
Absence de contrôle de la teneur en eau			

Annexe D : Typologie des matériels de traitement thermique


FOURS A CHARGE HORIZONTALE
SANS TRANSFERT DE CHARGE
AVEC TRANSFERT DE CHARGE
SOLE MOBILE
SOLE TOURNANTE
SOLE FIXE
MONO CHARGE
MULTI CHARGE
SOUS ATMOSPHERE CONTROLEE
SOUS VIDE
SOUS ATMOPHERE NEUTRE
SANS ATMOSPHERE
DEPOT
SANS BAC DE TREMPE INCORPORE
AVEC BAC DE TREMPE INCORPORE
MULTICHAMBRE
POUSSANT


FOURS A CHARGE VERTICALE
DE TYPE CLOCHE
DE TYPE PUITS
DEPLACEMENT DU FOUR
DEPLACEMENT DE LA CHARGE
VIDE
BASSE PRESSION
DEPOT
PLASMA
SANS ATMOSPHERE
VIDE
BASSE PRESSION
DEPOT
PLASMA
SANS ATMOSPHERE
FERMé
OUVERT
SANS POT
A POT
SOUS ATMOSPHERE CONTROLEE
SANS ATMOSPHERE
SOUS ATMOSPHERE NEUTRE
SOUS ATMOSPHERE NON CONTROLEE
POT A JOINT D'HUILE
POT FERMé
SOUS ATMOSPHERE CONTROLEE
SANS ATMOSPHERE
SOUS ATMOSPHERE NEUTRE
SOUS ATMOSPHERE NON CONTROLEE
SANS ATMOSPHERE
DEPOT
SOUS ATMOSPHERE CONTROLEE
SOUS ATMOSPHERE NEUTRE
SOUS ATMOSPHERE NON CONTROLEE
EN MATERIAU REFRACTAIRE
A CREUSET
PRECHAUFFE
SELS FONDUS
ELECTRODE PLONGEANTE
THERMOPLONGEUR
ELECTRODE IMMERGEE
CHAUFFAGE INDIRECT
CHAUFFAGE DIRECT
PRECHAUFFE
PLOMB
SELS FONDUS
LIT FLUIDISé
THERMOPLONGEURS
BRULEUR IMMERGE
SELS FONDUS
LIT FLUIDISé
EAU
EAU + ADDITIF


FOURS CONTINUS
A TAPIS
A SECOUSSES
SANS BAC INCORPORE
A BAC INCORPORE
SANS BAC INCORPORE
A BAC INCORPORE
SOUS ATMOSPHERE CONTROLEE
SOUS ATMOSPHERE NEUTRE
SANS ATMOSPHERE
SOUS ATMOSPHERE CONTROLEE
SOUS ATMOSPHERE NEUTRE
SANS ATMOSPHERE
SOUS ATMOSPHERE CONTROLEE
SOUS ATMOSPHERE NEUTRE
SANS ATMOSPHERE
SOUS ATMOSPHERE CONTROLEE
SOUS ATMOSPHERE NEUTRE
SANS ATMOSPHERE
TREMPE HUILE
TREMPE SELS
EAU + ADDITIF
TREMPE HUILE
TREMPE SELS
EAU + ADDITIF
TREMPE HUILE
TREMPE SELS
EAU + ADDITIF
TREMPE HUILE
TREMPE SELS
EAU + ADDITIF
TREMPE HUILE
TREMPE SELS
EAU + ADDITIF
TREMPE HUILE
TREMPE SELS
EAU + ADDITIF


MACHINES ET POSTES DE TRAITEMENT PAR INDUCTION
GENERATEUR A INDUCTION
MACHINE DE PRESENTATION
GROUPES TOURNANTS (ALTERNATEURS)
STATIQUE (ELCTRONIQUE)
INDUCTEUR FIXE
INDUCTEUR MOBILE
A TRIODE
A THYRISTOR OU A TRANSISTOR
MANUTENTION ASSISTEE
MANUTENTIION NON ASSISTEE
MANUTENTION ASSISTEE
MANUTENTION NON ASSISTEE

Annexe E: Liste des événements non souhaités du traitement thermique

Explosion par surpression

Montée en pression du liquide ou du gaz à l'intérieur d'une enceinte close jusqu'à ce que la pression obtenue soit supérieure aux possibilités de tenue mécanique de l'enceinte.

Explosion par décompression

Explosion correspondant à une dilatation brutale de gaz ou une vaporisation brutale de liquide hors de leur enceinte.

Explosion de gaz confinés

Explosion de gaz inflammables se produisant dans leur enceinte.

Explosion de gaz non confinés

Explosion de gaz inflammables consécutive à une fuite hors de leur enceinte.

Explosion de poussières

Elévation rapide de la pression résultant d'une réaction exothermique vive au sein des poussières dispersées dans un gaz.

Réaction chimique violente

Explosion due à une réaction fortement exothermique d'un produit chimique placé dans des conditions défavorables ou du mélange de deux produits incompatibles.

Incendie

Combustion qui se développe sans contrôle, dans le temps et dans l'espace.

Création d'une zone pauvre en oxygène

Participation à la formation d'une atmosphère asphyxiante comportant moins de 16% d'oxygène.

Emission de produit toxique

Emission accidentelle ou chronique de produit pouvant entraîner la mort ou des risques aigus ou chroniques, en très petite quantité.

Emission de produit irritant

Emission accidentelle ou chronique de produit non corrosif pouvant provoquer une réaction inflammatoire.

Emission de produit corrosif

Emission accidentelle de produit qui en contact avec des tissus vivants peut les brûler.

Emission de produit dangereux pour l'environnement

Emission accidentelle ou chronique de produit qui pourrait présenter un danger immédiat ou différé pour l'environnement.

Présence d'agent infectieux

Existence de produit susceptible de contenir ou d'émettre des agents biologiques infectieux.

Emission de poussières

Emission de poussières non toxiques en quantité telle qu'elles peuvent provoquer une gêne respiratoire.

Emission de produit chaud

Emission de gaz ou de liquide susceptibles de provoquer des brûlures (Températures supérieures à 50°C).

Emission de produit sous pression

Emission de gaz ou liquide sous pression susceptibles de provoquer des blessures.

Emission de rayonnement

Emission accidentelle ou normale de rayonnement non ionisant.

Emission de bruit

Production de bruit susceptible d'occasionner une gêne voire un danger.

Ejection de solide

Départ d'un élément solide sous une certaine impulsion, hors chute d'objet et conséquences d'explosion.

Chute d'objet

Chute d'objet par gravité consécutive à une rupture mécanique, un desserrement, un déséquilibre, etc.

Chute de personne

Chute de hauteur ou de plain pied que peut subir une personne lors d'activités habituelles.

Heurt

Collision due à la présence d'un ou plusieurs éléments mobiles, "éléments" recouvrant à la fois les matériels et les hommes.

Mouvement d'éléments mécaniques

"Pièges" mécaniques accessibles dus aux mouvements ordinaires de composants et susceptibles de provoquer des écrasements, entraînements, cisaillements, etc.

Accumulation d'eau

Accumulation d'eau susceptible de provoquer des dégâts matériels.

Défaut des moyens de contrôle des rejets

Absence ou dysfonctionnement des dispositifs ou procédures prévus pour permettre de contrôler les rejets hors du sous-système.

Incident de manutention

Incident lié aux spécificités de la manutention dans le sous-système considéré, le sous-système "manutention" traitant de la manutention dans le cadre général.

Incident de manipulation de produit chimique

Incident de manipulation de produit chimique : incident concernant la manipulation de produit chimique dans le sous-système considéré, le sous-système "produits" traitant de la manipulation des produits dans le cadre général.

Contact avec un conducteur électrique

Présence de conducteur électrique nu, sous tension de façon normale ou accidentelle et accessible.

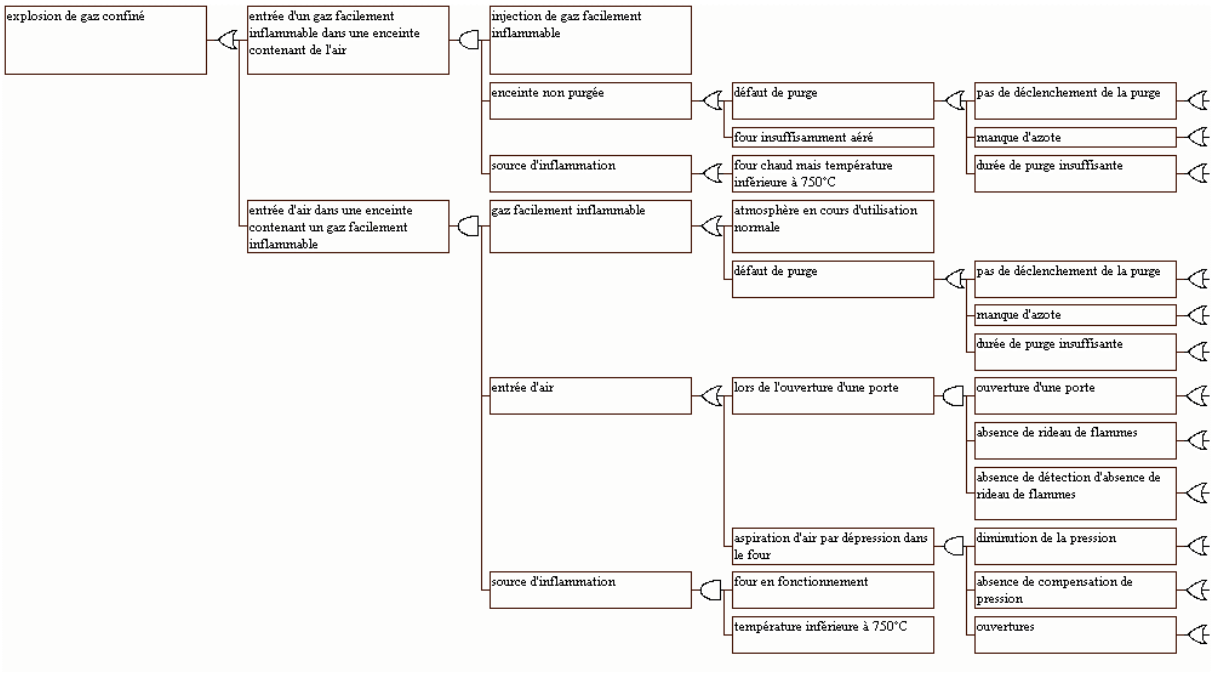
Annexe F : Listes des flux de danger utilisés et de leurs impacts sur les cibles

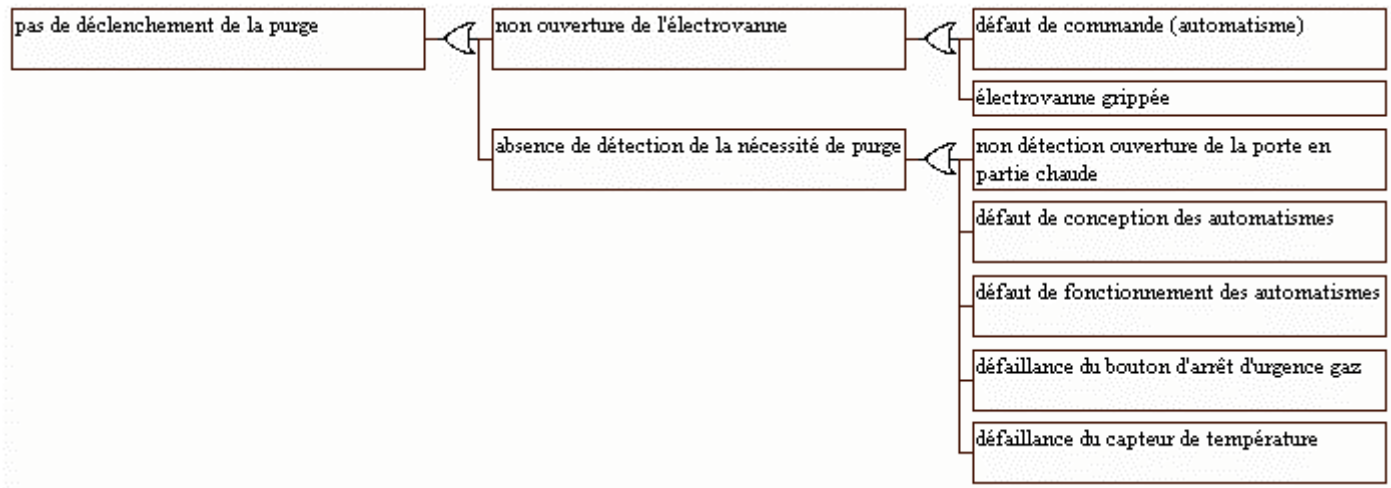
Flux de danger	Cible	Impact
bruit	environnement	nuisance
bruit	homme	atteinte auditive
bruit	homme	fatigue
chaleur	homme	brûlure
chaleur	matériel	dégradation des matériaux
chaleur	matériel	inflammation de produit
eaux d'extinction	environnement	pollution de l'eau
eaux d'extinction	homme	électrisation
eaux d'extinction	matériel	détérioration
eaux d'extinction	matériel	réaction lors incompatibilité
effort physique	homme	blessure
électricité	homme	électrisation
électricité	matériel	arrêt de l'installation
énergie cinétique	homme	blessure
énergie cinétique	matériel	destruction partielle
énergie mécanique	homme	blessure
fumées	environnement	pollution de l'air
fumées	homme	gêne respiratoire
fumées	homme	intoxication par inhalation
fumées	matériel	corrosion
fumées	matériel	empoussièrement
gaz asphyxiant	homme	asphyxie
gaz toxique	environnement	pollution de l'air
gaz toxique	homme	intoxication par inhalation
inondation	homme	noyade
inondation	matériel	détérioration
liquide toxique	environnement	pollution de l'eau
liquide toxique	environnement	pollution du sol
liquide toxique	homme	intoxication par contact cutané
liquide toxique	homme	intoxication par ingestion
liquide toxique	homme	intoxication par inhalation des vapeurs
objet piquant ou coupant	homme	blessure
onde de pression	homme	blessure

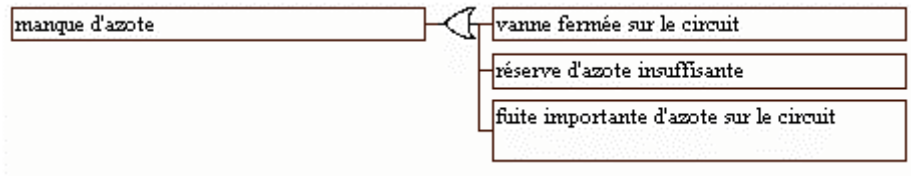
onde de pression	matériel	destruction partielle
poussières	environnement	pollution de l'air
poussières	homme	gêne respiratoire
poussières	matériel	empoussièrement
produit chaud	homme	brûlure
produit corrosif	environnement	pollution de l'air
produit corrosif	environnement	pollution de l'eau
produit corrosif	homme	brûlure
produit corrosif	homme	brûlure cutanée
produit corrosif	homme	brûlure oculaire
produit corrosif	matériel	dégradation des matériaux
produit dangereux pour l'environnement	environnement	création de pic d'ozone troposphérique
produit dangereux pour l'environnement	environnement	destruction de la couche d'ozone
produit dangereux pour l'environnement	environnement	pollution de l'air
produit dangereux pour l'environnement	environnement	pollution de l'eau
produit dangereux pour l'environnement	environnement	pollution du sol
produit infectieux	environnement	pollution de l'air
produit infectieux	environnement	pollution de l'eau
produit infectieux	homme	infection
produit irritant	homme	irritation cutanée
produit irritant	homme	irritation des voies respiratoires
produit irritant	homme	irritation oculaire
produit rejeté	environnement	pollution de l'air
produit rejeté	environnement	pollution de l'eau
produit rejeté	environnement	pollution du sol
produit toxique	homme	intoxication par contact cutané
produit toxique	homme	intoxication par ingestion
produit toxique	homme	intoxication par inhalation
projectile	homme	blessure
projectile	matériel	destruction partielle
projection de liquide chaud	homme	brûlure
projection de liquide chaud	matériel	inflammation de produit
rayonnement	homme	atteinte oculaire
rayonnement	homme	irritation cutanée
rayonnement	matériel	dégradation des matériaux

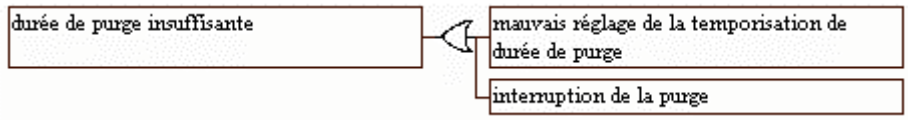
rayonnement	matériel	inflammation de produit
solide toxique	environnement	pollution de l'air
solide toxique	environnement	pollution de l'eau
solide toxique	environnement	pollution du sol
solide toxique	homme	intoxication par contact cutané
solide toxique	homme	intoxication par ingestion
solide toxique	homme	intoxication par inhalation des poussières
surface chaude	homme	brûlure
surface chaude ou froide	homme	brûlure

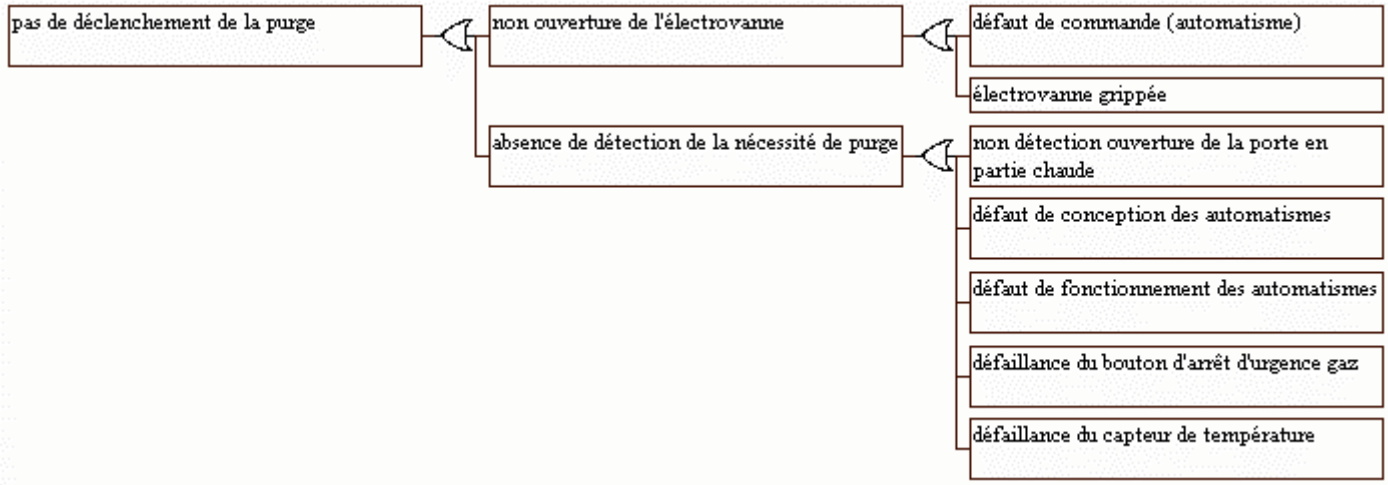
Annexe G : Arbre des causes de l’explosion de gaz confiné d’un four à charge avec bac de trempe incorporé sous atmosphère contrôlée

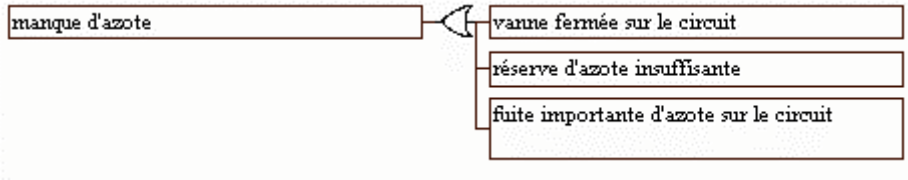

explosion de gaz confiné
entrée d'un gaz facilement inflammable dans une enceinte contenant de l'air
injection de gaz facilement inflammable
enceinte non purgée
défaut de purge
pas de déclenchement de la purge
manque d'azote
durée de purge insuffisante
four insuffisamment aéré
source d'inflammation
four chaud mais température inférieure à 750°C
entrée d'air dans une enceinte contenant un gaz facilement inflammable
gaz facilement inflammable
atmosphère en cours d'utilisation normale
défaut de purge
pas de déclenchement de la purge
manque d'azote
durée de purge insuffisante
entrée d'air
lors de l'ouverture d'une porte
ouverture d'une porte
absence de rideau de flammes
absence de détection d'absence de rideau de flammes
aspiration d'air par dépression dans le four
diminution de la pression
source d'inflammation
four en fonctionnement
absence de compensation de pression
température inférieure à 750°C
ouvertures

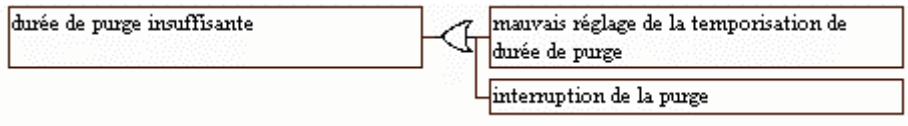

pas de déclenchement de la purge
non ouverture de l'électrovanne
défaut de commande (automatisme)
électrovanne grippée
absence de détection de la nécessité de purge
non détection ouverture de la porte en partie chaude
défaut de conception des automatismes
défaut de fonctionnement des automatismes
défaillance du bouton d'arrêt d'urgence gaz
défaillance du capteur de température

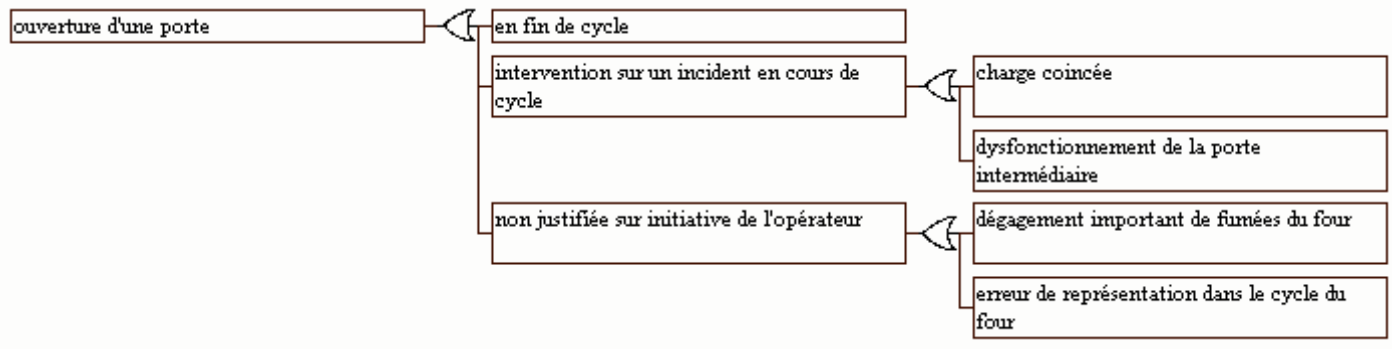

manque d'azote
vanne fermée sur le circuit
réserve d'azote insuffisante
fuite importante d'azote sur le circuit

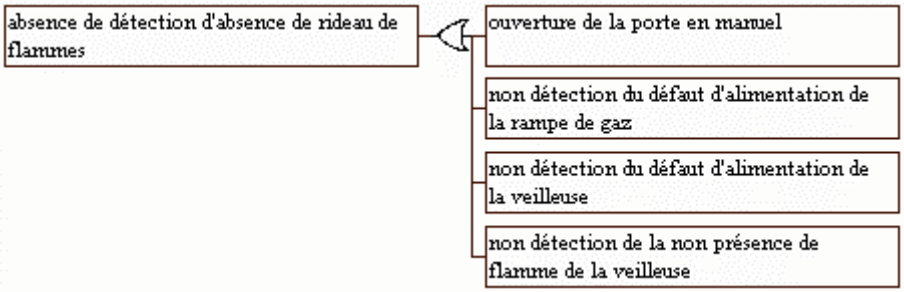

durée de purge insuffisante
mauvais réglage de la temporisation de durée de purge
interruption de la purge

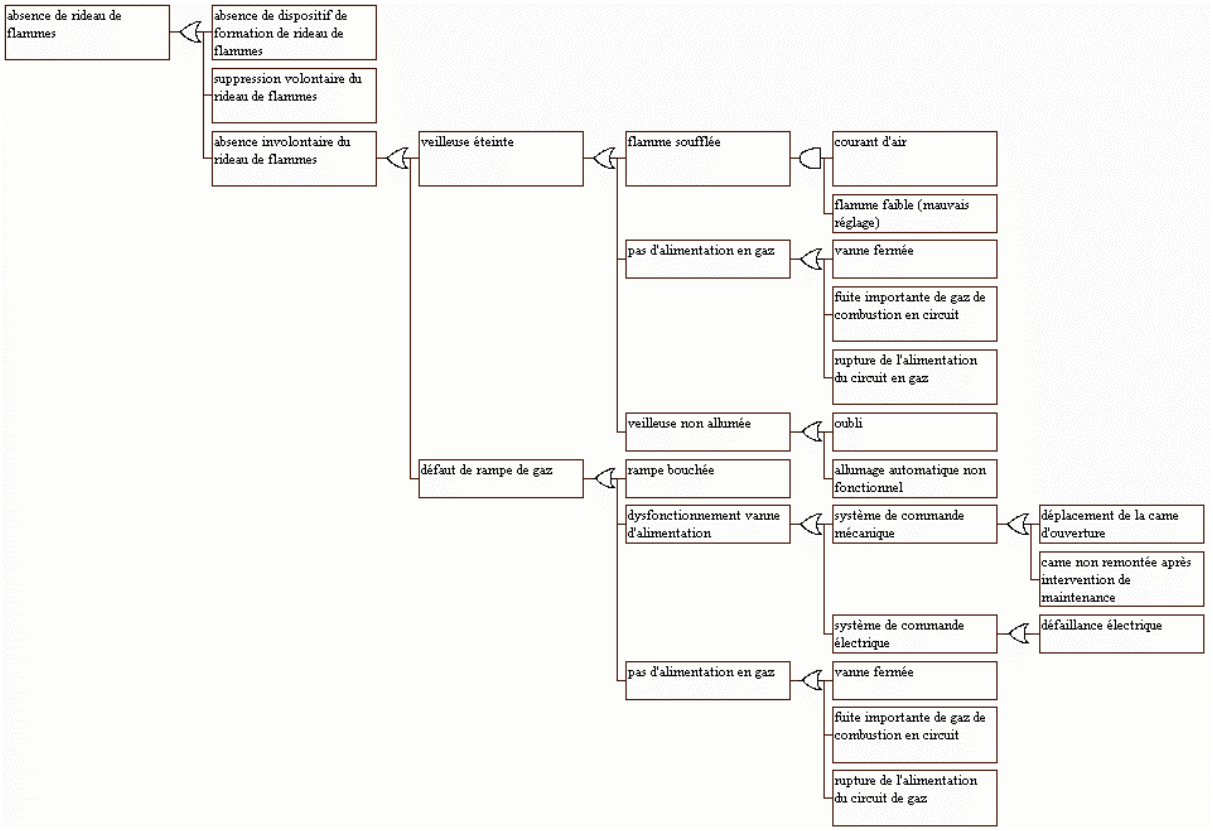

pas de déclenchement de la purge
non ouverture de l'électrovanne
défaut de commande (automatisme)
électrovanne grippée
absence de détection de la nécessité de purge
non détection ouverture de la porte en partie chaude
défaut de conception des automatismes
défaut de fonctionnement des automatismes
défaillance du bouton d'arrêt d'urgence gaz
défaillance du capteur de température

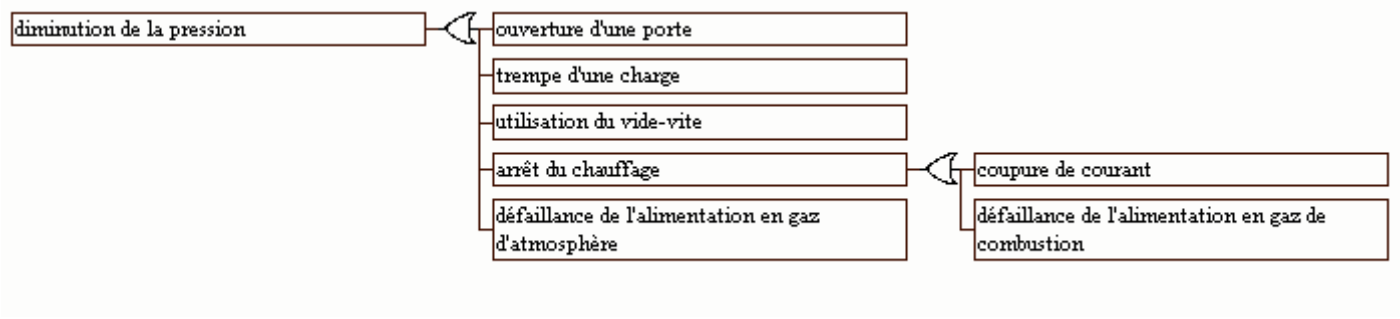

manque d'azote
vanne fermée sur le circuit
réserve d'azote insuffisante
fuite importante d'azote sur le circuit

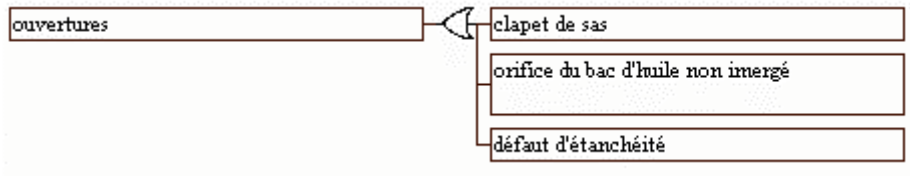

durée de purge insuffisante
mauvais réglage de la temporisation de durée de purge
interruption de la purge

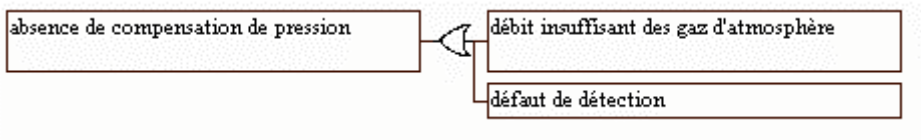

ouverture d'une porte
en fin de cycle
intervention sur un incident en cours de cycle
charge coincée
dysfonctionnement de la porte intermédiaire
non justifiée sur initiative de l'opérateur
dégagement important de fumées du four
erreur de représentation dans le cycle du four


absence de détection d'absence de rideau de flammes
ouverture de la porte en manuel
non détection du défaut d'alimentation de la rampe de gaz
non détection du défaut d'alimentation de la veilleuse
non détection de la non présence de flamme de la veilleuse


absence de rideau de flammes
absence de dispositif de formation de rideau de flammes
suppression volontaire du rideau de flammes
absence involontaire du rideau de flammes
veilleuse éteinte
flamme soufflée
courant d'air
flamme faible (mauvais réglage)
pas d'alimentation en gaz
vanne fermée
fuite importante de gaz de combustion en circuit
rupture de l'alimentation du circuit en gaz
veilleuse non allumée
oubli
allumage automatique non fonctionnel
défaut de rampe de gaz
rampe bouchée
dysfonctionnement vanne d'alimentation
système de commande mécanique
déplacement de la came d'ouverture
came non remontée après intervention de maintenance
système de commande électrique
défaillance électrique
pas d'alimentation en gaz
vanne fermée
fuite importante de gaz de combustion en circuit
rupture de l'alimentation du circuit de gaz


diminution de la pression
ouverture d'une porte
trempe d'une charge
utilisation du vide-vite
arrêt du chauffage
coupure de courant
défaillance de l'alimentation en gaz de combustion
défaillance de l'alimentation en gaz d'atmosphère


ouvertures
clapet de sas
orifice du bac d'huile non immergé
défaut d'étanchéité



Annexe H : Mode d'emploi de l'outil informatique

Ce mode d'emploi a été rédigé par Bruno DEBRAY qui a également développé la partie informatique de l'outil d'analyse de risques élaboré lors de notre expérimentation.

Ce mode d'emploi a été initialement conçu pour être utilisé sous un format html.